



Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden

Dolmer, Per

Publication date:
1996

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Dolmer, P. (1996). *Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden*. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport No. 12-96

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

August 1996

Tilføjelse til rapporten "Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden"

DFU har efter rapportens afslutning færdiggjort et effektivitetsstudie af den muslingeskraber, der er benyttet ved bestandsopgørelserne i Limfjorden i 1993-95. Effektiviteten af muslingeskraberen er nu også analyseret ved høje muslingetætheder, og dette har ændret den tidligere brugte kalibreringskurve. Brugen af den nye kurve betyder, at usikkerhederne i bestandsestimaterne målt som et 95 % konfidensinterval nu kan reduceres fra ± 74 % til ± 40 %.

Bestanden af blåmuslinger blev ved brug af den nye kalibreringskurve beregnet til 760.000 tons ± 31 % i maj 1993. I april 1994 var bestanden til 600.000 tons ± 34 %, og i april 1995 kunne muslingebestanden bestemmes til 478.000 tons ± 54 %.

De nye beregninger af bestandsstørrelserne betyder, at effekten af fiskeriet bliver relativt større end tidligere antaget. Både i perioden 1993-94 og 1994-1995 fjernede fiskeriet 15% af muslingebestandene årligt, med variationer fra 0-43 % i de enkelte fiskeriområder.

Den observerede bestandsreduktion i 1994-95 som følge af iltsvind udgjorde 129.000 tons svarende til lidt mere end et års muslingefiskeri. Der observeres en signifikant forskel mellem områder med iltsvind (33 % bestandsreduktion) og områder uden iltsvind (46 % bestandsvækst).

Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden

af

Per Dolmer

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havfiskeri
Charlottenlund Slot
2920 Charlottenlund

DFU-rapport nr. 12-96

ISBN: 87-88047-17-2

Forord

Undersøgelsen "Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden" indgår i en større undersøgelse af de fiskerimæssige forhold i Limfjorden under Arbejdsgruppen for Myndighedssamarbejdet i Limfjorden. Projektet er udført af Afdeling for Havfiskeri, Charlottenlund Slot.



Filtrerende blåmuslinger fra muslingebanke vest for Rønbjerg

Indholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| 1. Sammendrag | 5 |
| 2. Baggrund | 8 |
| 3. Metoder | 11 |
| 3.1 Væksten målt i naturlige blåmuslingebestande | 12 |
| 3.2 Væksten målt med mærkede blåmuslinger holdt i bur | 13 |
| 3.3 Udbredelsen af søstjerner som funktion af bundtype og lokalitet | 15 |
| 3.4 Størrelsesfordelingen af søstjerner på de enkelte stationer | 16 |
| 3.5 Søstjerner størrelsesvalg af blåmuslinger | 17 |
| 3.6 Blåmuslingers aktivitet ved tilstedeværelsen af søstjerner | 17 |
| 3.7 Fiskeriets udnyttelse | 18 |
| 3.8 Dødelighed som følge af iltsvind | 18 |
| 4. Resultater | 19 |
| 4.1 Væksten målt i naturlige blåmuslingebestande | 19 |
| 4.2 Væksten målt med mærkede blåmuslinger holdt i bur | 21 |
| 4.3 Udbredelsen af søstjerner som funktion af bundtype og lokalitet | 23 |
| 4.4 Størrelsesfordelingen af søstjerner på de enkelte stationer | 24 |
| 4.5 Søstjerner størrelsesvalg af blåmuslinger | 24 |
| 4.6 Blåmuslingers aktivitet ved tilstedeværelsen af søstjerner | 25 |
| 4.7 Fiskeriets udnyttelse | 26 |
| 4.8 Dødelighed som følge af iltsvind | 27 |

| | |
|---|----|
| 5. Diskussion | 27 |
| 5.1 Vækst | 27 |
| 5.2 Dødelighed, som følge af predation fra søstjerner | 30 |
| 5.3 Fiskeriets udnyttelse | 31 |
| 5.4 Dødelighed som følge af iltsvind | 32 |
| 6. Referenceliste | 34 |
| 7. Tabeller | 37 |
| 8. Figurer | 41 |

1. Sammendrag

Blåmuslingebestanden i Limfjorden danner grundlaget for et vigtigt fiskeri. For at undersøge bestandens vækst og de faktorer, der bestemmer bestandens dødelighed, blev der i 1995 gennemført en række undersøgelser:

A

Væksten af blåmuslinger i naturlige muslingebanker blev fulgt på 9 stationer fordelt over de centrale dele af fjorden. Længdefordelingen af blåmuslingerne blev beskrevet som funktion af tiden med prøvetagninger op til 9 gange i løbet af året.

- Den årlige vækstrate for blåmuslinger med størrelsen 16,7-26,8 mm målt til mellem 17,6 mm og 22,7 mm. Vækstraten i Limfjorden er høj i forhold til andre områder

B

For at beregne vækstraten af individuelle blåmuslinger blev der gennemført et eksperiment, hvor væksten af mærkede muslinger blev målt. Blåmuslingerne blev udlagt i bure fra 4 til 6 uger på 20 forskellige stationer tre gange i løbet af 1995. Kontrol eksperimenter med mærkede muslinger på en skiferplade viste, at muslingernes vækst ikke var påvirkede af burene.

- Væksten er størst hos de mindre muslinger og størst i sommerperioden.
- Vintervækst: I januar målt en gennemsnitstilvækst på 0,12 mm i løbet af 6 uger for muslinger med en længde på 57,0 mm.

- Sommervækst: I juli-august målt en vækstrate på 0,13 mm i løbet af 4 uger for muslinger med en længde på 56,4 mm. Væksten for de mindre muslinger (36,6 mm) var 1,98 mm i løbet af 4 uger.
- Vintervækst: I november-december målt en tilvækst på 0,55 mm i løbet af 4 uger for muslinger med en længde på 43,8 mm.
- I januar-marts og november-december var der gennemsnitligt 94-95 % af muslingerne, der overlevede, hvorimod kun 57-64 % af muslingerne overlevede i juli-august.
- I januar-marts blev der ikke fundet geografiske forskelle i vækstraten. I juli-august opnåedes de største vækstrater i Kaas Bredning og Venø Bugt. Og i november-december kunne de højeste vækstrater ses i Thisted Bredning og ved Riisgård Bredning.
- Tilstedeværelsen af søstjerner i fire af burene i november-december reducerede væksten fra 0,55 mm til 0,05 mm.
- En årlig vækstrate på 18 mm kan estimeres for muslinger i størrelsesgruppen 36-44 mm .

C

Udbredelsen af søstjerner er i undersøgelsen kortlagt og sammenholdt med bundtype og forekomst af blåmuslinger.

- De største tætheder af søstjerner er fundet i Løgstør, Livø og Kaas Bredninger og Venø Bugt. Derimod er der observeret få eller ingen søstjerner i Skive Fjord, Lovns og Riisgård Bredninger og vest for Mors i Vilsund, Visby og Thisted Bredninger. De målte tætheder af søstjerner i 1995 vurderes ikke at have nogen større betydning for muslingebestanden.

- Søstjernerne opnår størst tæthed på de mere sandede stationer, men der er ingen sammenhæng mellem udbredelsen af muslinger og tilstedeværelsen af søstjerner.
- Søstjernerne fjerner de største muslinger på de naturlige muslingebanker. Der blev fundet en korrelation mellem størrelsen af søstjerner og størrelsen af de blåmuslinger, der bliver spist. Søstjernerne kan åbne muslinger med en længde op til 55 mm.

D

Muslingefiskeriet fjernede i perioden 1993-95 ca. 10 % af blåmuslingebestandene årligt, svingende fra 0-30 % for de enkelte fiskeriområder. I 1993-94 medførte fiskeriet entydig reduktion af bestandsstørrelserne. En tilsvarende effekt kunne ikke ses i 1994-95. Derimod var der i sommeren 1994 et udbredt iltsvind, der i enkelte områder fjernede 70 % af blåmuslingebestandene. Totalt for alle områderne dræbte iltsvindet i 1994 290.000 tons blåmuslinger, svarende til tre års landinger af det nuværende landingsomfang (100.000 tons/årligt).

2. Baggrund

I Limfjorden foregår der et intensivt fiskeri af blåmuslinger *Mytilus edulis* L. med årlige landinger, der de sidste 4 år er oversteget 100.000 tons/år. Da der i Limfjorden regelmæssigt sker rekruttering af blåmuslinger er populationsstørrelserne i Limfjorden afhængig af følgende tre parametre: vækst, dødelighed og fiskeri. Fiskeriets omfang er en kendt størrelse, hvorimod kendskabet til de andre to parametre er forholdsvis lille.

Væksten hos blåmuslingen er afhængig af mængden af adsorberet energi. Den adsorbere energi fordeles til metaboliske processer, gamet produktion og somatisk vækst (her beskrevet som vækst).

Undersøgelser fra Skotske fjorde (Stirling & Okumus 1994) beskriver en tilvækst af 22 mm muslinger på 25 mm årligt, svarende til en øgning af den askefrie tørvægt (AFDW) på 0.36-0.6 g. En svensk undersøgelse (Kautsky *et al.* 1990) fandt en årlig tilvækst på 27 mm hos Skagerak blåmuslinger med en initiallængde på 27 mm, hvorimod den i Østersøen kun var 5 mm årligt. Vækstundersøgelser fra Limfjorden (Riisgård & Poulsen 1981), hvor blåmuslinger med en initiallængde på 22 mm blev hængt ud forskellige steder i fjorden i 14-18 dage, viste, at vækstbetingelserne varierede geografisk. Der målt en øgning af skallængderne på 0-6.6 mm pr. 14-18 dag. Samtlige nævnte undersøgelser er for blåmuslinger holdt pelagisk i strømper, og resultaterne kan ikke umiddelbart overføres på bentisk levende blåmuslinger. Kristensen & Lassen (1996) viste, at den månedlige vækst af genudlagte og omplantede blåmuslinger forskellige steder

i Limfjorden var 0.21-2.10 mm pr. måned, altså betydeligt lavere end for pelagisk holdte blåmuslinger. Da de genudlagte og omplantede blåmuslinger var udsatte for predation, er estimaterne forbundet med usikkerhed. Således vil en selektiv predation af de mindste muslinger give et overestimat af den reelle vækst.

Dødeligheden hos *M. edulis* kan opdeles i to kategorier (Seed & Suchanek 1992): den kan induceres af fysiske/kemiske faktorer: udtørring, temperatur, salinitet, bølge-eksponering; eller af biologiske faktorer: predation, parasitisme og intraspecifik konkurrence om plads og føde. Dødeligheden hos muslinger varierer med årstiden. Undersøgelser fra Canada viste, at sommer-dødeligheden er betydeligt større end vinter-dødeligheden (Mallet *et al.* 1990, Freeman & Dickie 1979). To hypoteser forklarer den øgede sommer-dødelighed: 1) reproduktivt stress efter forårsgydningen (Emmett *et al.* 1987, Worrall & Widdows 1984). 2) Alternativt kan den øgede sommer-dødelighed skyldes en øget konkurrence om plads i sommermånederne, hvor muslingernes vækst er stor. Worrall & Widdows (1984) viste, at kun 28 % af muslingers dødelighed lige efter gydning skyldes predation, primært af strandkrabbe (*Carcinus maenas*) og strandskade (*Haematopus ostralegus*).

De potentielt vigtigste predatorer af blåmuslinger i Limfjorden er søstjernen *Asterias rubens* og strandkrabben *C. maenas*. Søstjernen har i flere undersøgelser vist sig at danne sværme på muslingebanker; et fænomen der også er observeret i Limfjorden (Spärck 1932). Dare (1982) beskriver aggregeringen af søstjernen på en subtidal muslinge banke i det sydlige England. I maj til september observeredes tætheder på 300-400 individer/m² svarende til 13.6 kg/m². Sværmene blev målt til at vandre ca. 200 meter pr. måned og efterlod et område fuldstændigt rensat for levende muslinger. I september måned opløstes sværmene og efterlod en skarpt markeret grænse mellem det prederede og ikke prederede område.

En aggregeret predation af større muslinger ex. *Cyprina islandica*, hvor flere søstjerner i fællesskab åbner byttet, er beskrevet for søstjernen (Anger *et al.* 1977, Doering 1981). Harger & Landenberger (1971) viste, at muslinger, der levede på muslingebanker med kraftig predation fra *Pisaster*, lettere blev frigjort under en storm, p.g.a. reduceret stabilitet af muslingebanken. En øget dødelighed vil medføre en øge opløsningen af muslingebankens struktur, idet den samlede etableringsrate af nye byssustråde falder. En ødelæggelse af strukturen i en muslingebanke vil så ligeledes kunne øge tilgængeligheden af blåmuslinger for predatorer som søstjernen.

Engelske undersøgelser viser, at søstjernen det første år kan opnå en maksimum størrelse på 4.7 cm (radius) med en gennemsnitsstørrelse på 2.1 cm (Orton & Fraser 1930). Juvenile søstjerner (12-17 mm radius) kan predere ca. 1 juvenil blåmusling (3-15 mm) pr. dag. Blåmuslinger, der er større end 3.5 cm, bliver kun prederet af søstjernen *Asterias vulgaris* (3.5-4.5 cm radius), når flere størrelsesgrupper af søstjernen findes i samme habitat. De største søstjerner udviser et skift i størrelsespreferance, således at de ved tilstedeværelsen af andre mindre søstjerner prederer større blåmuslinger (O'Niell *et al.* 1983).

Det overordnede formål med projektet er at beskrive, hvorledes væksten og dødeligheden hos blåmuslingen varierer geografisk og i tid i Limfjorden. Det første del af projektet omhandler væksten hos blåmuslingen og beskriver tilgangen af fiskbare muslinger. Det anden del af projektet bekriver udbredelsen og predationen fra søstjernen af blåmusling i Limfjorden.

3. Metoder

Skematisk oversigt over undersøgelser der indgår i rapport.

| | |
|----------------|--|
| maj 1993 | blåmuslinge assesment i Limfjorden |
| maj 1994 | - - - |
| okt - nov 1994 | mærkningseksperiment v/ Kulhuse |
| 1995 | |
| jan - marts | burundersøgelse af vækst (14 st.) prøvetagning på naturlige banker (5 st.) størrelsesfordeling af søstjerner |
| april | prøvetagning på naturlige banker (2 st.) |
| maj | muslingeassesment i Limfjorden udbredelsen af søstjerner |
| juli - aug | burundersøgelse af vækst (11 st.) prøvetagning på naturlige banker (6 st.) størrelsesfordeling af søstjerner rumlig fordeling af søstjerner predationsundersøgelse af søstjerner |
| august II | prøvetagning på naturlige banker (1 st.) |
| nov - dec | burundersøgelse af vækst (13 st.) kontroleksperiment (4 st.) prøvetagning på naturlige banker (9 st.) størrelsesfordeling af søstjerner rumlig fordeling af søstjerner predationsundersøgelse af søstjerner |

I 1995 blev der i Limfjorden gennemført en række undersøgelser af blåmuslingers væksthastighed og af fordelingen af søstjernen og deres predation af blåmuslinger. Undersøgelserne blev udført på tre dobbelttogter i januar-marts, juli-august og november-december. På disse togter blev der indsamlet muslinger til størrelsesfordelingsanalyser, udsat mærkede muslinger til vækst-bestemmelser samt

indsamlet søstjerner til tæthedsestimater og størrelsesfordelings analyser. Undersøgelserne er udført på de 20 stationer vist på fig. 1 på side 27.

I april blev udbredelsen af søstjerner og sammenhængen mellem udbredelse og bundtype undersøgt på 76 stationer. Undersøgelsen blev foretaget i forbindelse med det årlige muslinge assessment togt med Havfisken. En oversigt over undersøgelser/data der indgår i denne rapport findes på forgående side. Det skal ligeledes bemærkes at alle undersøgelserne er gennemført på lokaliteter åbne for muslingefiskeri, og de lukkede områder er således ikke inddraget i ovennævnte rapport.

3.1 Væksten målt i naturlige blåmuslingebestande

Størrelsesfordelingen af blåmusling er fulgt på 9 af de stationerne vist på fig. 1, hvor der er fundet en tilpas høj tæthed af muslinger. På en enkelt station i Løgstør bredning (st. 563) er der udtaget muslingeprøver 9 gange i løbet af 1995. På to af stationerne i Thisted Bredning (465 og 470) er der kun udtaget prøver i november og december. På resten af stationerne er der udtaget gennemsnitlig 4 prøver i løbet af året. I januar og april er prøverne taget med en nedmålt (1:2) kommerciel muslingeskraber fra DFU's kutter "Havfisken". I de resterende måneder er prøverne indsamlet med en almindelig trekantskraber fra DFU's motorbåde "Havkatten" og "Havmusen". Ombord på skibet er prøverne skyllet i en kurv og en

delprøve er nedfrosset. I laboratoriet er længden af de på nedfrysningstidspunktet levende blåmuslinger målt med en elektronisk skydelære.

Størrelsesfordelingerne af blåmuslinger fra hver station er analyseret ved at opdele de enkelte størrelsesfordelingerne i frekvenser, og derefter er de dominerende størrelseskohorter grafisk identificeret, og deres gennemsnitsstørrelse bestemt.

Ved at vise kohorternes gennemsnitsstørrelse som funktion af tid kan væksten læses.

3.2 Væksten målt med mærkede blåmuslinger holdt i bur

For at finde den bedste metode til individuel mærkning af blåmuslinger undersøgtes i oktober-november 1994 mulighederne for at mærke muslinger over en længere periode. Bure med muslinger mærket med paintmarker (speciel tusch), gravør nål og kontroldyr blev udsat i Roskilde Fjord ved Kulhuse. Ingen af mærkningsmetoderne påvirkede blåmuslingernes overlevelse significant, og specielt gravørmærkningen kunne genkendes efter 1 måned.

De mærkede blåmuslinger blev under alle væksteksperimenter i Limfjorden holdt i hummer-tegner, hvor indgangen var snørret til. Hummertegnerne bestod af en flad bund (30 x 60 cm) og et loft båret af tre buer. Maskestørrelsen (helmaske) i hummertegnerne var 2.1 cm.

Den 23.-30. januar udsattes de første blåmuslinger på 18 stationer i Limfjorden. Skallængden af de udsatte muslinger var 57.0 ± 2.3 mm (gennemsnit ± 2 s.e.). Det var ikke muligt at finde muslinger til mærkning med den rigtige størrelse på alle stationer. Muslingerne udsat på station 563, 538, 487 og 459 indsamledes på station 563 (Løgstør Br.), muslinger på station 682, 757, 662, 676, 524, 527, 572, 582 indsamledes på station 757 (Risgårde Br.) og muslinger på station 404, 354, 412, 343, 313, 297 indsamledes på station 404 (Kaas Br.). På hver station mærkedes 15 muslinger med en gravørpen, deres længde blev målt med skydelære og blåmuslingerne udsattes i lukkede hummertegner. Burene med muslingerne indsamledes den 7-10. marts, hvor muslingerne blev nedfrosset og længdebestemt i

laboratoriet, desuden blev overlevelsesfrekvensen for muslingerne i de enkelte bure registreret. Burene på station 527, 459, 682 og 404 blev ikke genfundet i marts.

Den 2.-9. juli blev der udsat mærkede blåmuslinger på 16 stationer. På de to stationer i Nissum Bredning blev der ikke udsat muslinger. I hver bur blev der udsat 15 store og 15 små muslinger. De store muslinger var mærkede med gravørpen, hvorimod de små muslinger var mærkede med paintmarker. Skallængden af de store udsatte muslinger var 56.4 ± 1.8 mm og de små var 36.6 ± 2.6 mm (gennemsnit ± 2 s.e.). På st. 563, 538, 527 var både store og små blåmuslinger fra st. 563 (Løgstør Br.). På st. 682, 575, 676, 662, 582, 572, 404 og 412 var de store muslinger fra st. 527 (Løgstør Br.) og de små fra st. 563 (også Løgstør Br.). På st. 343 og 354 var store og små muslinger fra st. 354 (Venø Bugt). På st. 487 og 459 blev der kun udlagt store muslinger fra Visby Bredning, og endelig var de store muslinger på st. 524 fra Visby Bredning, hvorimod de små var fra st. 527 (Løgstør Br.). Burene blev genindsamlet den 7.-12. august og muslingerne blev behandlet som i marts. Burene på station 757, 582, 404, 487, og 459 blev ikke genfundet i august.

Den 6.-12. november blev der igen udsat mærkede blåmuslinger på 16 stationer. Der blev udsat bure på to andre stationer i Thisted Bredning (st. 465 og 470), da burene hverken blev genfundet i marts eller august på de gamle stationer (st. 487 og 459). I hvert bur blev der udsat 15 muslinger mærkede med gravørpen. Gennemsnitslængden for muslingerne var $43,8 \pm 0,79$ mm (gennemsnit ± 2 s.e.). Alle muslingerne var indsamlet på st. 563 i Løgstør Bredning. Burene blev genindsamlet den 6-9. december og muslingerne blev målt med det samme og nedfrosset. Burene på st. 582, 412 og 404 blev ikke genfundet

Kontroleksperiment: For at teste om burene påvirkede blåmuslingernes vækst ved at reducere vandstrømmen over bunden gennemførtes på 5 stationer kontrol eksperimenter (st. 563 og 524 i Løgstør bredning, 465 i Thisted Br., 676 i

Bjørnsholm Bugt og 343 i Venø Bugt). Stationerne var udvalgt, således at der ikke forekom søstjener. På en skifferplade (42 x 62 cm) forbundet med en 7 meter snor til buret placeredes v.h.a. dykker i november 15 mærkede og længdebestemte muslinger. I december indsamledes muslingerne igen v.h.a. dykker, og væksten kunne bestemmes og testes mod væksten i burene.

3.3 Udbredelsen af søstjerner som funktion af bundtype og lokalitet

I perioden 18. april til 4. maj blev der i Limfjorden gennemført en muslinge-monitoring med Havfisken. Der blev skrabt på 73 stationer med en nedmålt (1:2) kommerciel muslingeskraber. For hvert skrab registreredes ud over mængden af muslinger også antallet af søstjerner og bundtype.

På togtet i januar gennemførtes på alle stationer (fig. 1.) undtagen de to stationer i Nisum Bredning en undersøgelse, hvor der på hver station blev gennemført et skrab med den nedmålte muslingeskraber med kendt længde (50-70 favne) samt en video-optagelse af en transekt af samme længde med et undervandskamera monteret på en undervandsslæde. Kameraet var således i en konstant højde over bunden, og det var muligt at estimere tætheden af søstjerner fra optagelserne. Med et kendskab til den faktiske tæthed af søstjerner beregnet fra videooptagelserne og tætheden af søstjerner beregnet fra muslingeskraberens fangst, kan muslingeskraberens effektivitet beregnes ved fangst af søstjerner. På figur 2 ses sammenhængen mellem tætheden opmålt fra videooptagelserne og tætheden beregnet fra muslingeskraberens fangst. En regressionsanalyse angiver, at effektiviteten er 52 % (angivet ved hældningskvotienten).

Med et kendskab til muslingeskraberens effektivitet ved fangst af søstjerner kan den faktiske tæthed af søstjerner beregnes på de 73 stationer undersøgt i april-maj. Ligeledes kan søstjerne-tætheden relateres til størrelsen og mængden af muslinger på de enkelte stationer og bundtype.

3.4 Størrelsesfordelingen af søstjerner på de enkelte stationer

På tre stationer: st. 404 (Kaas Br.), 538 (Løgstør Br.) og 572 (Salling Sund), blev der i hele undersøgelsesperioden fundet en høj tæthed af søstjerner. I forbindelse med togterne blev der på de tre stationer indsamlet søstjerner, der blev længdebestemt. Søstjerne blev enten indsamlet v.h.a. trekantskraber eller muslingeskraber eller indsamlet i forbindelse med dykning på stationerne. Størrelsesfordelingerne af søstjerner er ved at opdele størrelses-fordelingerne i frekvenser, der er afbilledet i histogrammer. Herfra kan antallet af kohorter aflæses, og gennemsnitsstørrelsen af den enkelte kohorte beregnes, og vises som funktion af tid.

I juli, august og november måned blev tætheden og fordelingstypen på fem af stationerne (st. 404 i Kaas Br., 572 og 582 i Salling Sund, 354 i Venø Bugt og 538 i Løgstør Br.) undersøgt. I juli måned udlagdes en transekt line med 10 ringe bundet på. Arealet af den enkelte ring var 0.28 m^2 . De søstjerner, der befandt sig inden for hver ring indsamledes så v.h.a. dykker, og armradius blev målt ombord på båden. I august og november medbragte dykkeren en enkelt ring og svømmede rundt i en tilfældig bane. Med lukkede øjne udlagdes ringen på bunden, hvorefter de søstjerner, der befandt sig inden for ringen blev opmålt under vandet, og armradius meddelt overfladen over dykkertelefon. I august og november måned blev der på hver station opmålt søstjerner fra 30 ringe. Gennemsnitstæthed og variation af søstjerner indsamlet på de enkelte stationer kunne herefter beregnes.

Ligeledes blev varianskoefficienten CV beregnet som gennemsnitstætheden divideret med variationen. Hvis CV er mindre end 1 er søstjerneerne meget jævnt fordelt. Når CV er omkring 1 er søstjerneerne tilfældigt fordelt, og når CV er større end 1 er søstjerneerne klumpet fordelt.

3.5 Søstjernernes størrelsesvalg af blåmuslinger

På tre af de stationer (st. 527 i Løgstør Br., 354 i Venø Bugt og 404 i Kaas Br.), hvor der er fundet høje tætheder af søstjerner, er søstjernernes størrelsesvalg af blåmuslinger undersøgt. En søstjerne, der er ved at predere en musling, kan let genkendes, idet den folder sig sammen om muslingen, og dermed løfter kropskiven fri af bunden. Søstjerner, der var ved at åbne muslinger, blev på de tre stationer indsamlet v.h.a. dykning, hvor den enkelte søstjerne og tilhørende blåmusling blev indsamlet og pakket i en pose og senere længdebestemt om bord på båden. Sammenhængen mellem søstjernernes armradius og blåmuslingernes længde blev analyseret med lineær regression. På to af stationerne (st. 527 og 404) er størrelsesfordelingen af den totale muslinge-population kendt, således at det er muligt at analysere, hvilken størrelsesfraktion søstjerneerne prederer.

3.6 Blåmuslingers aktivitet ved tilstedeværelsen af søstjerner

I marts måned gennemførtes et preliminært eksperiment på Rønbjerg Marin-biologiske Station, som havde til formål at undersøge, om blåmuslingernes aktivitet blev påvirket af tilstedeværelsen af søstjerner. Som et mål for aktiviteten benyttedes etableringsraten af byssus-tråde. I hver af seks akvarier (50 l.) blev der

placeret 6 muslinger med en gennemsnits skallængde på 28 mm. I 3 af akvarierne blev der hængt en netpose med 3 søstjerner (armradius 8-10 cm), der ikke kom i fysisk kontakt med muslingerne. Efter 24 timer blev antallet af etablerede byssustråde optalt, og forskellen i etableringsraten blev testet som funktion af tilstedeværelsen af søstjerner med en Mann-Whitney U-test.

3.7 Fiskeriets udnyttelse

I Limfjorden er der i april 1993, 1994 og 1995 gennemført assessments af blåmuslinge bestanden, således at der for hvert fiskeri område (fig. 3) er udført et estimat af muslingebestandene. Ligeledes indrapporteres størrelserne af muslinge landingerne for de enkelte områder til Landbrugs og Fiskeriministeriet. Det er således muligt at beregne, hvor stor en fraktion af muslingebestandene der bliver opfisket i det efterfølgende år. Denne udnyttelsesgrad er beregnet for april 1993-94 og for april 1994-95. Ligeledes er udnyttelsesgraden korreleret med bestandsstørrelserne, tætheden af muslinger og ændringen i bestandsstørrelserne i de enkelte områder i de samme perioder.

3.8 Dødelighed som følge af Iltsvind

I sommermånederne 1994 var der i Limfjorden et udbredt iltsvind, og en stor del af muslingebestandene i de berørte områder døde. Udbredelsen af iltsvindet blev kortlagt af Limfjordsamterne (Fig 4). For at analysere hvilken effekt iltsvindet har på bestandsstørrelserne, er ændringerne i muslingebestandene fra april 1994-95 i de områder, hvor der er målt iltsvind testet mod ændringerne i de iltsvind upåvirkede områder.

4. Resultater

4.1 Væksten målt i naturlige blåmuslingebestande

Væksten hos blåmuslinger er undersøgt i 1995 på 9 stationer. På togtet med Havfisken i januar og april blev der taget prøver med en muslingeskraber, ellers blev der brugt trekantskraber. Da skraberne ikke kan antages at udvise den samme sortering af muslingerne, skal data fra januar og april sammenlignes med resterende data med forsigtighed. Størrelsesfordelingerne og figurer, der viser den gennemsnitlige længde ± 2 s.e. som funktion af tiden, er vist i figur 5 til 13. Væksten kan aflæses på figurene som slutlængde - startlængde. De kommende skallængder er angivet som gennemsnit ± 2 s.e.

I **Venø Bugt og Kaas Bredning** er der 3 stationer, hvorpå den naturlige vækst er fulgt. På station 343 i Venø Bugt (Fig. 5) er der én kohorte af muslinger med en gennemsnitslængde i januar på $26,8 \pm 0,7$ mm. Frem til december vokser muslingerne 20,1 mm til en slutlængde på $46,8 \pm 3,3$ mm. Muslingerne udviser ingen vækst i januar til marts.

På station 404 i Kaas Bredning (Fig 6) er der ligeledes kun én kohorte af muslinger. Gennemsnitslængden i januar er $17,6 \pm 0,4$ mm og muslingerne vokser 19,4 mm frem til november og opnår en størrelse på $37,0 \pm 1,3$ mm. Fra november til december kan en længdereduktion observeres. Denne reduktion er sammenfaldende med et kommersielt muslingefiskeri på stationen (dykker observation).

På station 412 også i Kaas Bredninger (Fig. 7) er der én kohorte med en længde på $37,8 \pm 1,2$ mm i august og en vækst på 3,0 mm til en slutlængde på $40,8 \pm 2,7$ mm i december.

I **Løgstør Bredning** er der 2 stationer, hvorpå muslingevæksten kan følges. På station 527 (Fig. 8) er der observeret to kohorter. Den største kohorte er i april målt til en gennemsnitslængde på $48,0 \pm 0,6$ mm. En vækstbestemmelse af denne kohorte er meget usikker, da der kun forelægger tre opmålinger, og en længdereduktion kan observeres de første tre måneder. Den lille kohorte, der setter i forårs månederne, opnår i december en længde på $12,9 \pm 0,9$ mm.

På station 563 (Fig. 9) er der fundet én kohorte af muslinger. Der observeres en længdereduktion fra januar til marts. Denne reduktion kan dels skyldes en metodisk fejl opstået ved brug af forskellige redskaber, men er ligeledes sammenfaldende med muslingefiskeri i området. Længden i marts er $16,7 \pm 0,5$ mm og længden øges med 22,7 mm til en længde på $39,4 \pm 0,6$ mm i december. Der er taget muslingeprøver både den 8. og den 30. august på stationen, og i begge prøver er gennemsnitslængden bestemt til $30,7 \pm 0,7$ mm. Den manglende vækst er sammenfaldende med udbredelsen af iltsvind (fig. 4).

På station 676 i Bjørnsholm Bugt (Fig. 10) er der taget prøver i november og december. Én kohorte er observeret og længden øges fra $23,9 \pm 0,7$ mm til $28,3 \pm 1,4$ mm, hvilket svarer til en vækst på 4,4 mm. Da der kun forelægger to målinger er resultatet meget usikkert.

På station 757 i det nordlige Risgårde Bredning (Fig. 11) er der observeret flere kohorter. Der er fisket muslinger på stationen i foråret og sild/brisling i efteråret, hvilket kan have påvirket størrelsesfordelingen af muslingerne på stationen. Data kan ikke tolkes.

I **Thisted Bredning** er der ikke fundet muslinger på st. 459 eller 487. Der er således kun størrelsesfordelinger fra november- december på station 465 og 470.

På station 465 (Fig. 12) er der en kohorte med en længde på 18.9 ± 0.5 mm i november og 18.5 ± 0.7 i december.

På station 470 (Fig. 13) er der to kohorter. Den større kohorte vokser 1,0 mm fra en initiallængde på 52.9 ± 2.0 mm i november til december, hvorimod den lille kohorte vokser 2 mm fra en initiallængde på 17.8 ± 0.3 mm i november

4.2 Væksten målt med mærkede blåmuslinger holdt i bur

Januar-marts

I tabel 1 og figur 14 ses væksten af de mærkede muslinger med en initiallængde på 57.0 mm. De observeredes at have en vækst på fra -0.02 til 0.19 mm med en gennemsnitsvækst på 0.12 mm i de 6 uger, muslingerne var udsatte i bur. Når væksten på de enkelte stationer testes mod hinanden i en variansanalyse, kan der ikke observeres geografiske forskelle i væksthastighederne (tabel 1, $p=0.11$). Væksthastigheden er ikke korreleret med vanddybde.

Den gennemsnitlige overlevelse var på 95 %, og den største overlevelse blev observeret i de vestligste områder (fig. 14)

Juli-august

I tabel 2 og på figur 15 ses væksten af de mærkede muslinger holdt i bure 4 uger fra juli til august. Væksten for de store muslinger med en initiallængde på 56.4 mm var i intervallet fra -0.07 til 0.60 mm med et gennemsnit på 0.13 mm. En

variationsanalyse viser, at der er significant forskel på væksthastigheden, når væksten på de enkelte stationer sammenlignes (tabel 2, $p=0.00$). De små muslinger med en initiallængde på 36,6 mm blev mærket med paintmarker, men på mange af stationerne kunne de enkelte muslinger ikke genkendes efter genindsamlingen. Dette medfører, at væksten ikke kan beregnes på individniveau, samt at det ikke er muligt at teste for geografiske forskelle i væksthastigheden. Væksten af de små muslinger var i intervallet fra 0.07 til 5.54 mm med et gennemsnit på 1.98 mm. På figur 15 ses, at de største væksthastigheder for både små og store muslinger målt i Kaas Bredning og Venø Bugt.

Den gennemsnitlige overlevelse var i juli-august for de store muslinger 64 % og 57 % for de små muslinger. På fig. 16 ses, at overlevelsen for både store og små muslinger var lavest i i Løgstør Bredning. Det er også her, den største påvirkning af iltsvind blev målt (Fig. 4)

November-december

I tabel 3 og på figur 17 ses væksten af muslingerne holdt i bur 4 uger i november til december. I buret på st. 662 (Bjørnsholm Bugt) blev der fundet et hul, så data herfra indgår ikke i analysen. På station 354 og 343 i Venø Bugt, 572 i Salling Sund, og 538 i Løgstør Br. blev burene invaderet af små søstjerner med en armradius på 30-40 mm. Væksten i disse bure var significant lavere end i de bure uden søstjerner (fig. 18). I burene uden søstjerner var gennemsnitsvæksten 0,55 mm, og væksten i bure med søstjerner faldt ned til 0,05 mm. En variansanalyse sammenlignende de bure uden søstjerner viser, at vi også her finder forskelle i væksten (Tabel 3, $p=0.00$). Den største vækst observeredes i Thisted Bredning, hvorimod væksten var lavere i Løgstør Bredning. Væksten øgedes igen ned mod Riisgårde Bredning (fig. 17).

Den gennemsnitlige overlevelse i burene uden søstjerner var 94 %, og der var ingen geografiske forskelle i overlevelsen. I bure med søstjerner var den gennemsnitlige overlevelse 22 % (fig. 17).

Kontroleksperimenterne viste, at der ikke var nogen significant forskel i vækst mellem muslinger holdt på plade og muslinger holdt i bur ($p=0.10-0.74$).

Den årlige vækst hos mindre muslinger (36-44 mm) kan på baggrund af bureksperimenterne beregnes, idet muslingerne antages at have sommer-vækst (1,98 mm/4uger) fra marts til oktober og vintervækst fra (0,55 mm/4uger) fra november til februar. De valgte tidsperioder er korrelerede med henholdsvis høje og lave klorofytlal i Limfjorden jvf. rapporten Vandmiljø i Limfjorden 1994, Limfjordsovervågningen. En årlig vækst hos muslingerne kan beregnes til 18 mm årligt.

4.3 Udbredelsen af søstjerner som funktion af bundtype og lokalitet

Udbredelsen af søstjerner blev undersøgt i april måned i forbindelse med muslinge monitoringsprogrammet. På figur 19 ses de registrerede tætheder af søstjerner på de 73 besøgte stationer. Tæthederne varierede meget fra 0 søstjerner på de fleste stationer til 19 ind/m² NØ for Livø. Der er registreret de største tætheder i Løgstør/Livø Bredning, Kaas Bredning og Venø Bugt og Sund. Der er observeret få eller ingen søstjerner i Skive Fjord, Lovns- og Riisgård Bredning, og vest for Mors i Vilsund og Thisted- Visby Bredning.

Udbredelsen af søstjerner som funktion af bundtype er vist i figur 20. Her ses, at søstjerneerne opnår størst tæthed på sandet sediment, og derefter har faldende tætheder fra mudret til sort mudret sediment. En variansanalyse af tæthederne som

funktion af sedimenttypen viser dog, at der ikke er significant forskel på tæthederne (ANOVA, $p=0.09$). Figuren viser også, at muslingernes biomasse ($p=0.66$) og længde ikke varierer mellem de tre sedimenttyper.

4.4 Størrelsesfordelingen af søstjerner på de enkelte stationer

På figur 21-23 ses størrelsesfordelingerne for søstjerner fra station 404 i Kaas Br., 538 i Løgstør Br. og 572 i Salling Sund som funktion af tiden. På station 538 er der data fra 6 måneder, på station 404 fra 4 måneder, og på station 572 fra 5 måneder. På alle tre stationer var der kun fundet én kohorte, og der blev ikke fundet nogen tydelig vækst. På station 538 (fig. 22) observeredes der en maksimum størrelse i juli og august, men på de andre to stationer var størrelsen konstant. Forskellen i gennemsnitsstørrelsen på de tre stationer var meget markant. På station 538 og 572 var gennemsnitsstørrelsen 40-45 mm, hvorimod gennemsnitsstørrelsen på station 404 var ca. 95 mm.

I tabel 4 ses de opmålte tætheder af søstjerner fra ringtransekt undersøgelsen. På de enkelte stationer varierer tætheden fra 0 og op til 8.9 individer pr m^2 . Varians koefficienten CV ligger for de 5 stationer i intervallet 0.25 til 1.36, hvilket betyder at fordelingen af søstjerner strækker sig fra en helt jævn fordeling til en klumpet fordeling på andre stationer.

4.5 Søstjernernes størrelsesvalg af blåmuslinger

Søstjernernes størrelsesvalg af muslinger blev undersøgt ved dykkerindsamlinger på station 527 i Løgstør Br., 354 i Venø Bugt og 404 i Kaas Br.. Der blev foretaget indsamlinger på station 354 og 527 i juli måned, og på station 354 også i august. På figur 24 ses, at længden af de valgte muslinger øges ved en øget

armradius hos søstjerneerne. I juli var gennemsnitsstørrelsen på station 354 af de af søstjernen valgte muslinger 26.1 ± 4.6 mm og armradius på søstjerneerne var 57.5 ± 7.0 mm. På station 527 var gennemsnitsstørrelsen af de indsamlede søstjerner 57.0 ± 5.0 mm og de af søstjernen valgte muslinger var 48.4 ± 2.1 mm. Gennemsnitsstørrelsen af den største kohorte fra den samlede muslingebestand var 45.6 ± 0.6 mm (Fig. 8), og søstjerneerne prederede således den længste fraktion af muslingerne.

Der blev indsamlet prederende søstjerner på station 404 i november. Gennemsnitsstørrelsen af de indsamlede søstjerner var 102.0 ± 6.3 mm, og de valgte muslinger var 34.1 ± 2.0 mm, i intervallet 26-40 mm. Gennemsnitsstørrelsen af den største kohorte fra den samlede muslingebestand var 36.2 ± 1.0 mm. Andelen af muslinger, der var nyligt døde (rester af lukkemuskel, båndet endnu så friskt at skallerne holdes åbentstående), blev optalt i skrabeproven til at være 14 %. De havde en gennemsnitsstørrelse på 35.1 ± 2.23 mm og var alle i intervallet 25.6-43.2 mm. Der er således en god overensstemmelse mellem længderne på de prederede muslinger og de friske skaller, der er fundet, hvilket indikerer at op til 14 % af muslingebestanden er fjernet af søstjerneerne. Søstjerneerne på denne station valgte således den muslingefraktion, der havde en intermediær længde.

4.6 Blåmuslingers aktivitet ved tilstedeværelsen af søstjerner

Undersøgelsen af muslingers aktivitet ved tilstedeværelsen af søstjerner uden fysisk kontakt med muslingerne viste, at etableringsraten af byssustråde ikke påvirkedes signifikant af tilstedeværelsen af søstjerner ($p < 0.05$). Gennemsnits etableringsraten i akvarier med søstjerner var 7.3 ± 3.8 byssustråde pr. 24 timer, og 5.6 ± 2.9 byssustråde i de akvarier uden søstjerner.

4.7 Fiskeriets udnyttelse

På baggrund af estimater af bestandsstørrelserne af blåmuslinger i de enkelte områder i Limfjorden i perioderne april 1993, 1994 og 1995, samt kendskab til størrelserne af muslingelandingerne ligeledes fra de enkelte områder, kan udnyttelsesgraden af muslingebestandene til fiskeri beregnes. Det bør understreges, at udnyttelsesgraden ikke er identisk med fiskeridødeligheden, som beregnes som fjernelsen af den gennemsnitlige populationsstørrelse.

I april 1993 var bestanden af blåmuslinger i de befiskede dele af Limfjorden på 1.357 mill. tons \pm 65 %. Året efter i april 1994 er bestanden faldet til 0.936 mill. tons \pm 68 %. I samme periode blev der landet 0.099 mill. tons, hvilket svarer til en gennemsnitlig udnyttelsesgrad på 8,9 %, d.v.s. at 8,9 % af bestandene fra 1993 blev landet. Denne udnyttelsesgrad svinger fra 0-30 % i de forskellige områder.

I 1995 blev muslingebestanden yderligere reduceret til 0.649 mill. tons, og der landes i samme periode 0.0924 mill tons. Udnyttelsesgraden fra 1994-95 var på 11,5 % - og svingede fra 0 til 28 %.

Den geografiske fordeling af udnyttelsesgraden i de enkelte fiskeri områder i perioden 1993-94 og 1994-95 er vist i figur 26-27. I begge perioder er der en begrænset udnyttelse af områderne Nissum Bredning Venø Sund og til dels Venø Bugt, Kaas Bredning og Thisted Bredning. En høj udnyttelsesgrad er observeret i Skive Fjord og Lovns Bredning, dele af Løgstør Bredning og vest for Mors.

Udnyttelsesgrader er hverken i 1993-94 eller 1994-95 korreleret med bestandsstørrelserne eller tæthederne af muslinger i de enkelte områder. I perioden 1993-94 er der en significant korrelation mellem udnyttelsesgraden af muslingebestandene og ændringen i bestandsstørrelserne i de enkelte områder ($R=0.51$, $p<0.05$) (fig. 25). Den tilsvarende korrelation kan ikke findes i 1995-96.

4.8 Dødelighed som følge af iltsvind

I sommerperioden 1994 var der et udbredt iltsvind i dele af Limfjorden. Udbredelsen af iltsvindet blev kortlagt af Limfjordsamterne. De enkelte områder i Limfjorden kan på basis af iltsvindsudbredelsen vist i figur 4 deles op i de områder, der har været ramt af iltsvind og iltsvindsfrie områder. Ændringerne i bestandsstørrelserne i de enkelte områder fra april 1994-95 er significant påvirkede af udbredelsen af iltsvind (Mann-Whitney, $p=0.003$). Blåmuslingebestandene i de områder, der ikke blev påvirket af iltsvind, øgedes gennemsnitligt med 63 ± 81 %, hvorimod bestandene i områder med iltsvind reduceredes med 70 ± 27 % (Fig. 28). Reduktionen af muslingebestandene i de områder med iltsvind svarede til 0.29 mill tons eller 3 års landinger for hele fjorden.

5. Diskussion

5.1 Vækst

I burundersøgelsen af blåmuslingevæksten i Limfjorden blev der i vinterperioden fundet vækst hastigheder på 0.02 mm/uge for store muslinger (57.0 mm) i januar-marts og 0.14 mm/uge for mindre muslinger (43,8 mm) i november-december. I sommerperioden (juli august) var væksthastigheden for store muslinger (56.4 mm) 0.03 mm/uge og 0,50 mm/uge for de små muslinger (36.6 mm).

Den årlige vækst af blåmuslinger med initiallængden 16,7-26,8 er fra 17,6 mm til >22,7 mm/årligt, svarende til ca. 0.36 mm/uge. Væksten i de naturlige muslingebanker var større end den estimerede vækst i burene og på kontrolpladerne. På station 563 var initiallængden af mærkede muslinger i bur og på kontrolplade 45.3-45.7 mm. De havde en vækst i udsætningsperioden på henholdsvis 0.34 og 0.45 mm pr. uge. Til sammenligning var væksten af muslingerne i den naturlige muslingebanke med initiallængden på 37.6 mm på 1.8 mm i perioden, altså betydelig større end i buret og på kontrolpladen. På station 527 og 676 sås en tilsvarende forskel på væksten i bur og på naturlig banke. I sommerperioden juli-august var væksten i den naturlige banke på station 563 på 5.33 mm (initiallængde = 25.4 mm). Til sammenligning var væksten i buret 1.35 mm (initiallængde = 36.7).

Den observerede vækst i Limfjorden er i de naturlige banker i samme størrelsesorden som fundet i Skotske fjorde (Stirling & Okumus 1994) og lidt lavere end fundet i Skagerak (Kautsky *et al.* 1990). Væksten hos muslinger er bl.a. påvirket af temperatur og salinitet (Incze *et al.* 1980), så direkte sammenligning med andre områder er problematisk. Ligeledes er muslingerne i de nævnte undersøgelser holdt i pelagiske "strømper". I Limfjorden er væksten tidligere undersøgt. Riisgård & Poulsen fandt i 1981 væksthastigheder på mellem 0 og 6.6 mm pr. 14-18. dag for muslinger med en gennemsnitsstørrelse på 22 mm. Vækstværdierne er ca. det dobbelte, af hvad, der er fundet i denne undersøgelse og skyldes sandsynligvis at muslingerne i Riisgård og Poulsens

forsøg ligeledes var holdt pelagisk i "strømper". Kristensen & Lassen (1996) fandt i et genudlægningseksperiment i Limfjorden væksthastigheder på mellem 0.2-2.1 mm pr. måned, værdier, der svarer til de observerede i denne undersøgelse.

Der er i undersøgelsen observeret en større vækst i de naturlige banker sammenlignet med væksten fundet i burene. Da volumen af et dyr øges med længden opløftet i tredje potens, vil en fordobling i længden forøge volumen 8 gange. Denne forøgede volumen vil medføre en intraspecifik konkurrence om føde og plads, og en stor del af muslingerne vil dø. Newell (1990) og Svane & Ompi (1993) viste i en feltundersøgelse, at muslingerne i kanten af en muslinge bank er større end de muslinger, der er centralt placeret. Størrelsesforskellene skyldes, at muslingerne på kanten modtager vand med fødepartikler, der ikke i forvejen er filtreret af andre muslinger. Tilsvarende vil de muslinger, der har opnået en placering højt på muslingebanken have de bedste fødeoptagelses muligheder og udvise den største vækst, hvorimod muslinger lavere i banken i højere grad er fødebegrænsede. Af samme grund kan dødeligheden forventes at være størst for de muslinger, der er placeret lavt i muslingebanken. Den øgede vækst, der observeres i de naturlige muslingebanker, er altså ikke kun en øget skalvækst, men skyldes i lige så høj grad en størrelsesspecifik dødelighed, hvor de mest fødebegrænsede muslinger udviser den største dødelighed, og således øger populationens gennemsnitsstørrelse.

Jørgensen (1980) viste, at iltsvind først optræder over muslingebanker, og at intensiteten af iltsvindet øges på muslingebanker med en høj tæthed af muslinger eller en stor udbredelse. De mest anaerobe forhold på en muslinge bank vil forekomme dybt i banken, hvor vandudskiftningen er lille, og hvor der er en stor pulje af organisk materiale. Således vil de små muslinger dybt i bankerne have en større dødelighed end de store muslinger højt i muslingebanken i perioder med lave iltkoncentrationer.

Væksten er påvirket af andre faktorer end fødekonzentrationer, saltholdighed, temperatur o.s.v. I november måned blev der fundet søstjerner i en del af de udsatte bure. I de bure med søstjerner blev der observeret en meget lavere væksthastighed. Reduktionen i væksten kan skyldes to faktorer: enten kan muslingerne lugte søstjernerne (kemorespons) eller også er det søstjernernes fysiske berøring af muslingerne, der udløser, at skallerne lukkes, og fødeoptagelsen ophører. Det prelimære akvarie eksperiment udført i forbindelse med dette arbejde, hvor etableringsraten af byssustråde er undersøgt som funktion af tilstedeværelsen af søstjerner, indikerer at muslinger ikke reagerer på lugten af søstjerner, men at kun en fysisk kontakt tilskynder en skallukning.

5.2 Dødelighed, som følge af predation fra søstjerner

I april måned 1995 blev udbredelsen af søstjerner undersøgt i Limfjorden på 73 stationer. Søstjernerne blev hovedsagligt observeret i de områder med størst vandudskiftning: Løstør Bredning, Livø Bredning, Kaas Bredning og Venø Bugt og Sund. På en enkelt station nord for Livø blev der fundet en tæthed af søstjerner på 19 individer pr. m², men generelt er tætheden meget lavere (0-6.2 individer pr. m²). Tæthederne estimeret fra ring/dykker undersøgelser var også lave. På station 538 blev der i juli målt tætheder på 8,9 individer pr. m², så tætheden af søstjerner var generelt meget lavere end rapporteret i litteraturen (Spärck 1932, Dare 1982). I forbindelse med samtaler med fiskere i Limfjorden har jeg dog fået oplyst, at der er meget høje tætheder af søstjerner i Færker Vig på Fur og ved Hvalp Hage ved Hvalpsund. I forbindelse med dykning på station 538 i juli måned observerede jeg et område på ca 4-8 m², hvor søstjernerne lå helt tæt og i flere lag (> 50

individer pr. m²). Søstjernen opnår de største tætheder på stationer med sand, men udbredelsen er ikke korreleret med forekomsten og størrelsen af muslinger.

Blåmuslingen er i Limfjorden det vigtigste byttedyr for søstjernen. I forbindelse med dykkerindsamlinger indsamledes få søstjerner, der var ved at æde hjertemusling, strandkrabber, rurer og mindre søstjerner. Der er alt efter gennemsnitsstørrelsen af muslinger på de enkelte stationer stor variation i den størrelse af muslinger søstjernen prederer. På station 527 var gennemsnitsstørrelsen, af de muslinger der blev prederet, 48,4 mm, så de større muslinger er ikke fredede for predation. Undersøgelsen viste endvidere, at søstjernen vælger at predere de større muslinger fra muslingebankerne. O'Niell *et al.* (1983) viste i et akvarieforsøg, at søstjernerne for at reducere deres energiforbrug vælger at åbne de mindste muslinger. Kun når der opstår fødekongurrence om muslingerne vælges de lidt større muslinger. I felten er situationen en anden. På hver station er der et begrænset udbud af muslinge størrelser. Samtidig med er muslingerne struktureret i en bank i et spind af byssustråde, så kun de yderste muslinger kan angribes af en predator som søstjernen. Disse yderste muslinger vil modtage mest næringsrigt vand og derfor vokse hurtigst. Søstjernen tvinges således til at predere de største muslinger.

5.3 Fiskeriets udnyttelse

Fiskeriet af blåmuslinger i Limfjorden udnyttede i perioden 1993-95 ca. 10 % af muslingebestandene årligt. I de enkelte områder varierer udnyttelsen fra mellem 0 og 30 % af bestandene årligt. I 1993-94 kunne der påvises en sammenhæng mellem hvor stor en del af bestandene, der blev opfisket i de enkelte områder og reduktion af bestandsstørrelserne. En tilsvarende sammenhæng kunne ikke

observeres i 1994-95. Effekten af fiskeri er således en vigtig populationsparameter for muslinge bestandene i 1993-94 med samme betydning som vækst/rekruttering og naturlig dødelighed og predation. Grunden til at der ikke ses en sammenhæng mellem udnyttelsesgraden i 1994-95 og en ændring i bestandsstørrelserne på trods af en øget udnyttelsesgrad må være at geografisk variation i andre parametre mindskede betydningen af udnyttelsesgraden. Således var der i foråret 1994 en rekruttering af muslinger i dele af fjorden. Udbredelsen af iltsvind i sommeren 1994 påvirkede ligeledes bestandsstørrelserne af muslinger i nogle af områderne.

5.4 Dødeligheden som følge af iltsvind

Iltsvind i sommeren 1994 reducerede bestandsstørrelserne i de forskellige områder med i gennemsnit 70 %. I 1993 var der ingen udbredt iltsvind. Der har de senere år ofte været iltsvind i sommerperioden i Limfjorden, senest i sommeren 1995. Limfjordsovervågningen følger udbredelsen af iltsvind og fra deres opgørelser over den årlige udbredelse af iltsvind, kan man beregne at størrelsen af det gennemsnitlige område, der i perioden 1988-1995 ramtes af iltsvind ($< 2 \text{ mg O}_2/\text{l}$) udgør 17 % af Limfjorden. I sommeren 1993, 1994 og 1995 var udbredelsen af iltsvind på henholdsvis 3, 26 og 23 % af det totale areal. Iltsvind er således en væsentlig styrende parameter af bestandsstørrelserne af blåmuslinger i Limfjorden.

Reduktionen af blåmuslingebestandene i 1994-95 på 70 % i de områder med iltsvind svarer til en reduktion på 290.000 tons muslinger. Med et tørstofindhold på 9 % svarer mængden til 26100 tons tørstof. Mængden af kvælstof og fosfor vil ca. udgøre 2300 tons kvælstof og 325 tons fosfor. Hvis massebalancen for Limfjorden betragtes for 1994 (Limfjordsovervågningen maj 1995) ses, at

bidraget af kvælstof fra muslinger døde af iltsvind ca. udgør 10 % af kvælstofbelastningen fra oplandet i hele Limfjorden. Tilsvarende udgør den fosfor, der frigives fra iltsvindsdøde muslinger ca. 60 % af hele fosforbelastningen fra oplandet i Limfjorden. Da forekomsten af iltsvind kun påvirker begrænsede områder, vil den lokale påvirkning i forbindelse med frigivelsen af næringsstoffet være større end her anskuet.

6. Referenceliste

- Anger, K., U. Rogal, G. Schreiber & C. Valentin 1977. In-situ investigations on the echinoderm *Asterias rubens* as a predator of soft-bottom communities in the western Baltic Sea. - Helgoländer Wiss. Meeresunters. 29: 439-459.
- Dare, P. J. 1982. Notes on the swarming behaviour and population density of *Asterias rubens* L. (Echinodermata: Asteroidea) feeding on the mussel, *Mytilus edulis* L. - J. Cons. Int. Explor. Mer. 40: 112-118.
- Doering, P. H. 1981. Observations on the behaviour of *Asterias forbesi* feeding on *Mercenaria mercenaria*. - Ophelia 20: 169-177
- Emmett, B.; K. Thompson & J. D. Popham 1987. The reproductive and energy storage cycles of two populations of *Mytilus edulis* (Linne) from British Columbia. - J. Shellfish Res. 6: 29-36
- Freeman, K. R. & L. M. Dickie 1979. Growth and mortality of the blue mussel (*Mytilus edulis*) in relation to environmental indexing. - J. Fish. Res. Bd. Can. 36: 1238-1249.
- Harger, J. R. E. & D. E. Landenberger 1971. The effects of storms as a density dependent mortality factor on populations of sea mussels. - The Veliger 14: 195-201.
- Incze, L. S., R. A. Lutz & L. Watling 1980. Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilus edulis* in a Northern Estuary. - Mar. Biol. 57: 147-156.
- Jørgensen, B. B. 1980. Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effect on the benthic community. - Oikos 34: 68-76.
- Kautsky, N., K. Johannesson & M. Tedergrén 1990. Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis*

- evaluated through reciprocal transplantations. I. Growth and morphology. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 59: 203-210.
- Kristensen, P. S. & H. Lassen 1996. The production of relayed blue mussels (*Mytilus edulis* L.) in a danish fjord. - submitted til ICES Journal of Marine Science.
- Limfjordsovervågningen (maj 1995) Vandmiljø I Limfjorden 1994.
- Mallet, A. L.; C. E. A. Carver & K. R. Freeman 1990. Summer mortality of the blue mussel in eastern Canada: Spatial, temporal, stock and age variation. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 67: 35-41
- Newell, C. R. 1990. The effects of mussel (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758) position in seeded bottom patches on growth at subtidal lease site in Maine. -J. Shellfish. Res. 9: 113-118.
- O'Niell, S. M.; A. M. Sutterlin & D. Aggett 1983. The effects of size-selective feeding by starfish (*Asterias vulgaris*) on the production of mussels (*Mytilus edulis*) cultured on nets. - Aquaculture 35: 211-220.
- Orton, J. H. & J. H. Fraser 1930. Rate of growth of the common starfish, *Asterias rubens*. - Nature 11: 567.
- Riisgård, H. U. & E. Poulsen 1981. Growth of *Mytilus edulis* in net bags transferred to different localities in a eutrophicated danish fjord. - Mar. Pollut. Bull. 12: 272-276.
- Seed, R. & T. H. Suchanek 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. I E. Gosling: The mussel *Mytilus*: Ecology, physiology, genetics and culture. Elsevier Amsterdam, 589 pp.
- Spärck, R. 1932. Om vandringsevnen hos voksne individer af *Asterias rubens*. - Rep. Dan. Biol. Stn. 32: 63-65.
- Stirling, H. P. & I Okumus 1994. Growth, mortality and shell morphology of cultivated mussel (*Mytilus edulis*) stocks cross-planted between two Scottish sea lochs. - Mar. Biol. 119: 115-123.

Svane, I. & M. Ompi 1993. Patch dynamics in beds of the blue mussel *Mytilus edulis* L.: effects of site, patch size, and position within a patch. - *Ophelia* 37: 187-202.

Worrall, C. M. & J. Widdows 1984. Investigation of factors influencing mortality in *Mytilus edulis* L. - *Mar. Biol. Lett.* 5: 85-97.

7. Tabeller

Vækst i perioden januar til marts 1995

| område | stationsnr. | dybde | længde (mm) | | vækst (mm) | | overlevelse | |
|--------|-------------|-------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------|
| | | | mean | +/- 2 s.e. | mean | +/- 2 s.e. | | |
| | 1 | 313 | 5 | 59.64 | 4.33 | 0.19 | 0.11 | 100% |
| | 1 | 297 | 5 | 61.47 | 3.54 | 0.07 | 0.10 | 100% |
| | 4 | 354 | 3.6 | 57.71 | 3.35 | 0.12 | 0.07 | 100% |
| | 4 | 343 | 4.1 | 63.57 | 3.26 | 0.11 | 0.10 | 100% |
| | 5 | 412 | 7.8 | 54.75 | 3.47 | 0.12 | 0.09 | 100% |
| | 6 | 572 | 3.2 | 60.45 | 3.05 | 0.13 | 0.09 | 80% |
| | 6 | 582 | 7.9 | 60.09 | 2.53 | 0.10 | 0.10 | 100% |
| | 8 | 662 | 7.6 | 52.64 | 2.06 | 0.14 | 0.06 | 93% |
| | 8 | 676 | 9.4 | 49.05 | 1.87 | 0.12 | 0.07 | 73% |
| | 9 | 563 | 6.3 | 58.98 | 2.86 | 0.11 | 0.08 | 100% |
| | 9 | 538 | 4.6 | 58.04 | 3.86 | 0.18 | 0.08 | 87% |
| | 10 | 524 | 6.9 | 55.92 | 2.44 | -0.02 | 0.06 | 93% |
| | 13 | 487 | 10.2 | 55.75 | 2.42 | 0.18 | 0.09 | 100% |
| | 18 | 757 | 9.3 | 49.30 | 1.54 | 0.09 | 0.07 | 100% |

Tabel 1. Størrelse, vækst og overlevelse af muslinger genudlagt 6 uger i bure januar-marts 1995.

Vækst i perioden juli til august 1995

| | område | stationsn | dybde | længde (mm) | | vækst (mm) | | overlevelse |
|-------|--------|-----------|-------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | | | mean | +/- 2 s.e. | mean | +/- 2 s.e. | |
| STORE | 4 | 404 | 5.4 | 55.85 | 2.11 | 0.24 | 0.07 | 93% |
| | 4 | 354 | 3.6 | 50.87 | 4.28 | 0.60 | 0.31 | 100% |
| | 5 | 412 | 7.8 | 55.38 | 3.16 | 0.15 | 0.08 | 86% |
| | 6 | 572 | 3.2 | 60.59 | 3.54 | 0.10 | 0.04 | 93% |
| | 8 | 676 | 9.4 | 53.62 | 1.52 | 0.03 | 0.07 | 60% |
| | 8 | 662 | 7.6 | 54.53 | 1.86 | 0.08 | 0.08 | 66% |
| | 9 | 538 | 4.6 | 58.08 | 2.04 | -0.07 | 0.07 | 53% |
| | 9 | 563 | 6.3 | 60.95 | 2.42 | 0.15 | 0.19 | 26% |
| | 10 | 524 | 6.9 | 58.21 | 1.07 | -0.01 | 0.06 | 26% |
| | 10 | 527 | 8 | 57.18 | 4.34 | - | - | 0% |
| | 18 | 682 | 7.5 | 54.74 | 1.67 | -0.01 | 0.06 | 100% |
| SMA | 4 | 345 | 3.6 | 33.12 | 1.07 | 1.87 | - | 100% |
| | 4 | 404 | 5.4 | 29.69 | 1.33 | 5.54 | - | 80% |
| | 5 | 412 | 7.8 | 30.75 | 0.97 | 4.28 | - | 60% |
| | 6 | 572 | 3.2 | 30.53 | 1.07 | - | - | 0% |
| | 8 | 662 | 7.6 | 37.44 | 1.25 | 0.60 | 0.17 | 100% |
| | 8 | 676 | 9.4 | 36.13 | 1.52 | 0.77 | 0.19 | 100% |
| | 9 | 538 | 4.6 | 38.56 | 1.15 | - | - | 26% |
| | 9 | 563 | 6.3 | 36.66 | 1.43 | 1.35 | 0.32 | 53% |
| | 10 | 527 | 8 | 36.54 | 1.41 | - | - | 13% |
| | 10 | 524 | 6.9 | 44.55 | 0.73 | 0.07 | 0.04 | 40% |
| | 18 | 682 | 7.5 | 37.70 | 1.62 | 1.39 | - | 60% |

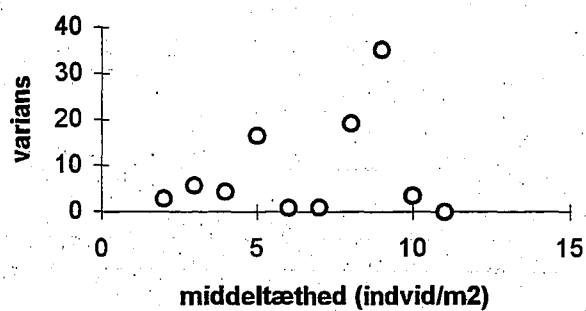
Tabel 2. Størrelse, vækst og overlevelse af muslinger genudlagt 4 uger i bure juli-august 1995.

Vækst i perioden november til december 1995

| område | stationsn | dybde | længde (mm) | | vækst (mm) | | overlevelse |
|--------|-----------|-------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | | mean | +/- 2 s.e. | mean | +/- 2 s.e. | |
| 4 | 354 | 3.6 | 44.50 | 4.45 | 0.05 | 0.05 | 20% |
| 4 | 343 | 4.1 | 43.55 | 1.28 | 0.15 | 0.08 | 47% |
| 5 | 682 | 7.5 | 44.84 | 1.34 | 0.90 | 0.20 | 87% |
| 6 | 572 | 3.2 | 41.04 | 2.06 | 0.09 | 0.04 | 20% |
| 6 | 757 | 9.3 | 44.44 | 1.34 | 0.45 | 0.15 | 100% |
| 8 | 662 | 7.6 | 45.03 | 1.07 | 0.61 | 0.39 | 27% |
| 8 | 676 | 9.4 | 43.43 | 0.77 | 0.31 | 0.09 | 93% |
| 9 | 563 | 6.3 | 45.73 | 1.68 | 0.34 | 0.09 | 100% |
| 9 | 538 | 4.6 | - | - | - | - | 0% |
| 10 | 527 | 8 | 42.84 | 0.88 | 0.32 | 0.15 | 100% |
| 10 | 524 | 6.9 | 42.70 | 1.21 | 0.71 | 0.15 | 80% |
| 13 | 465 | 12.9 | 44.61 | 1.02 | 1.00 | 0.12 | 93% |
| 13 | 470 | 9.1 | 42.76 | 1.23 | 0.64 | 0.11 | 100% |

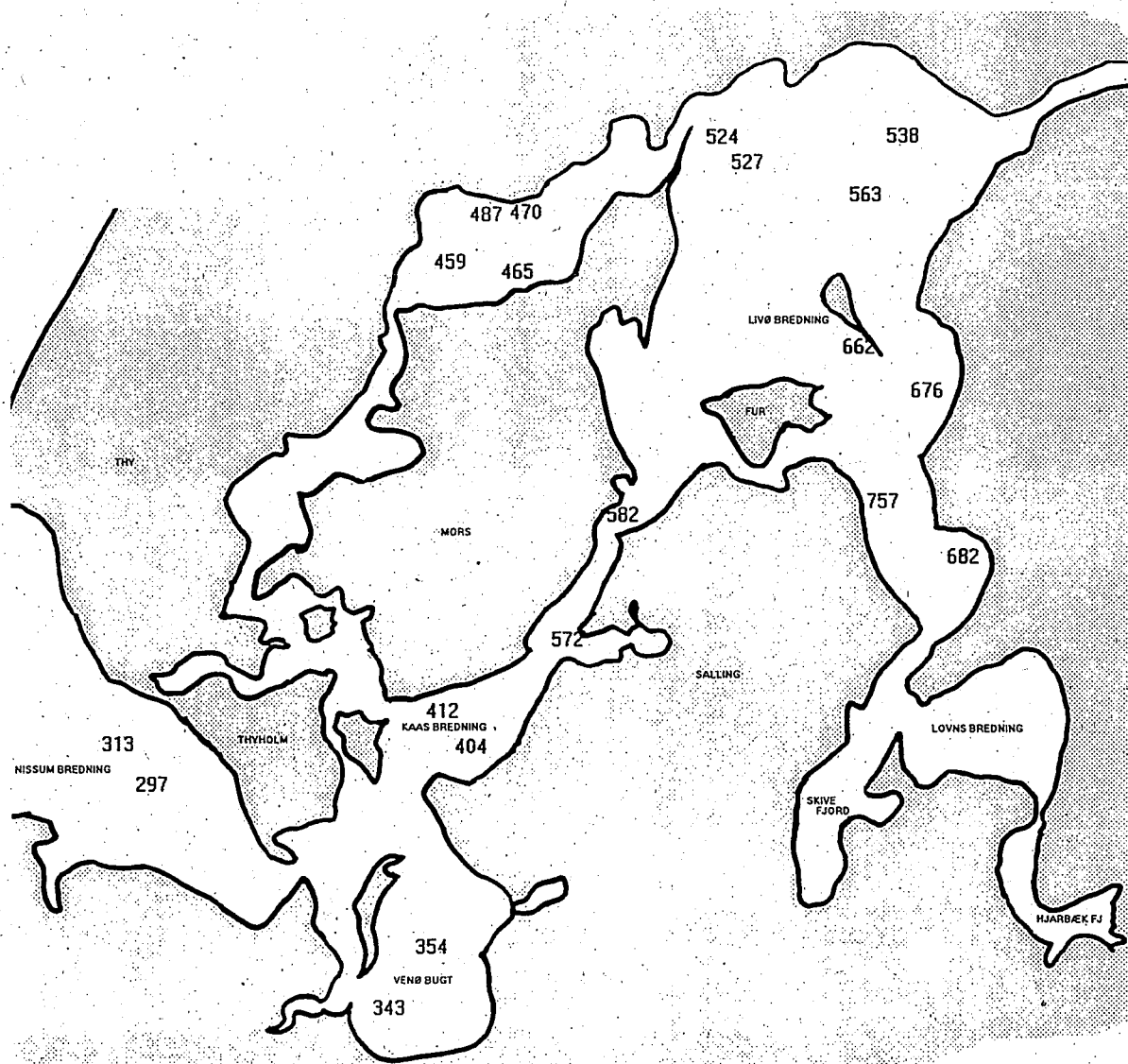
Tabel 3. Størrelse, vækst og overlevelse af muslinger genudlagt 6 uger i bure november-december 1995.

| station | måned | antal ringe | tæthed indiv/m ² | varians | CV |
|---------|-------|-------------|--------------------------------|---------|------|
| 404 | 8 | 30 | 1,32 | 2,82 | 0,47 |
| | 11 | 30 | 7,75 | 5,68 | 1,36 |
| 572 | 7 | 10 | 3,21 | 4,32 | 0,74 |
| | 8 | 30 | 7,96 | 16,43 | 0,48 |
| | 11 | 30 | 0,61 | 0,79 | 0,77 |
| 582 | 11 | 30 | 1,07 | 1,04 | 1,03 |
| 354 | 8 | 30 | 5,96 | 19,04 | 0,31 |
| 538 | 7 | 10 | 8,93 | 35,11 | 0,25 |
| | 8 | 30 | 2,86 | 3,54 | 0,81 |
| | 11 | 30 | 0,00 | 0,00 | |

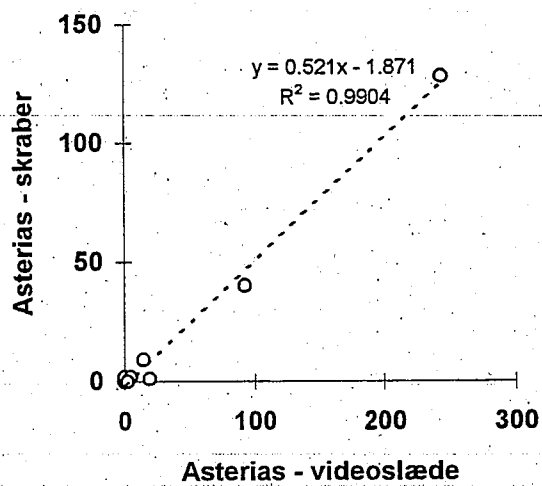


Tabel 4. Tætheder af søstjerner estimeret på baggrund af ringtransekt undersøgelser, hvor antallet af søstjerner i 10 eller 30 ringe. Ligeledes er varians koefficienten beregnet for de enkelte stationer.

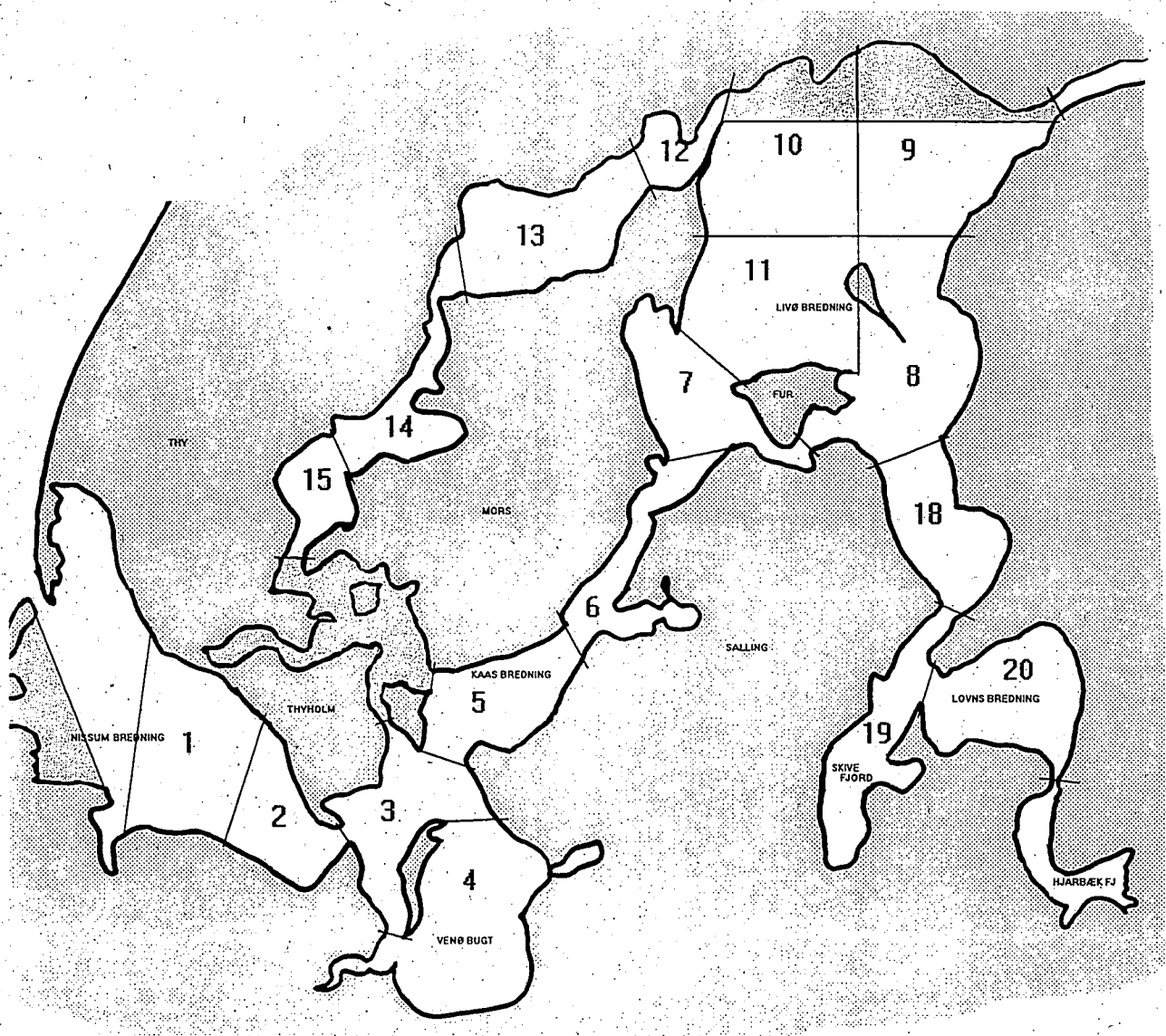
8. Figurer



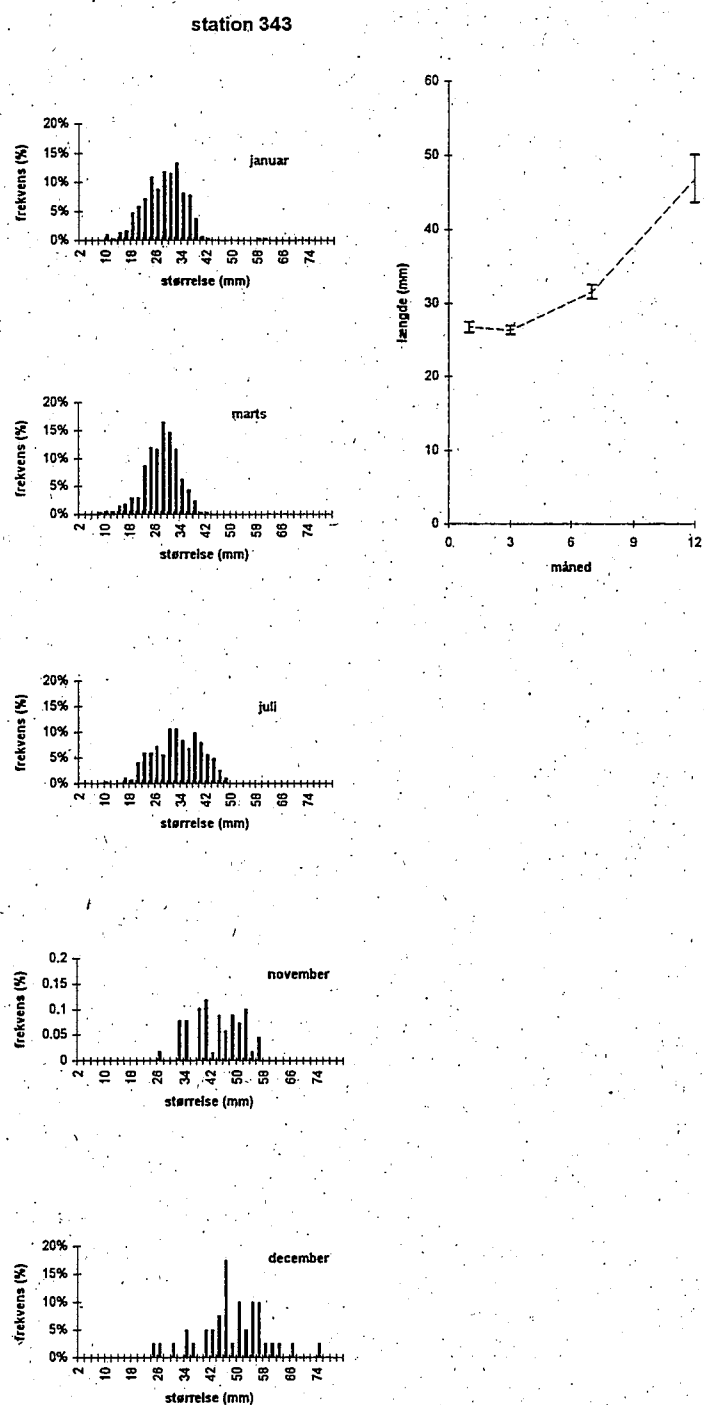
Figur 1. Stationsoversigt over Limfjorden med de stationer, der indgår i vækst/overlevelses eksperimentet.



Figur 2 . Sammenhængen mellem den faktiske søstjerne tæthed (indv/100m²) og tætheden estimeret fra muslingeskraberens fangst. Hældningskvotienten (0.52) angiver skrabers effektivitet.

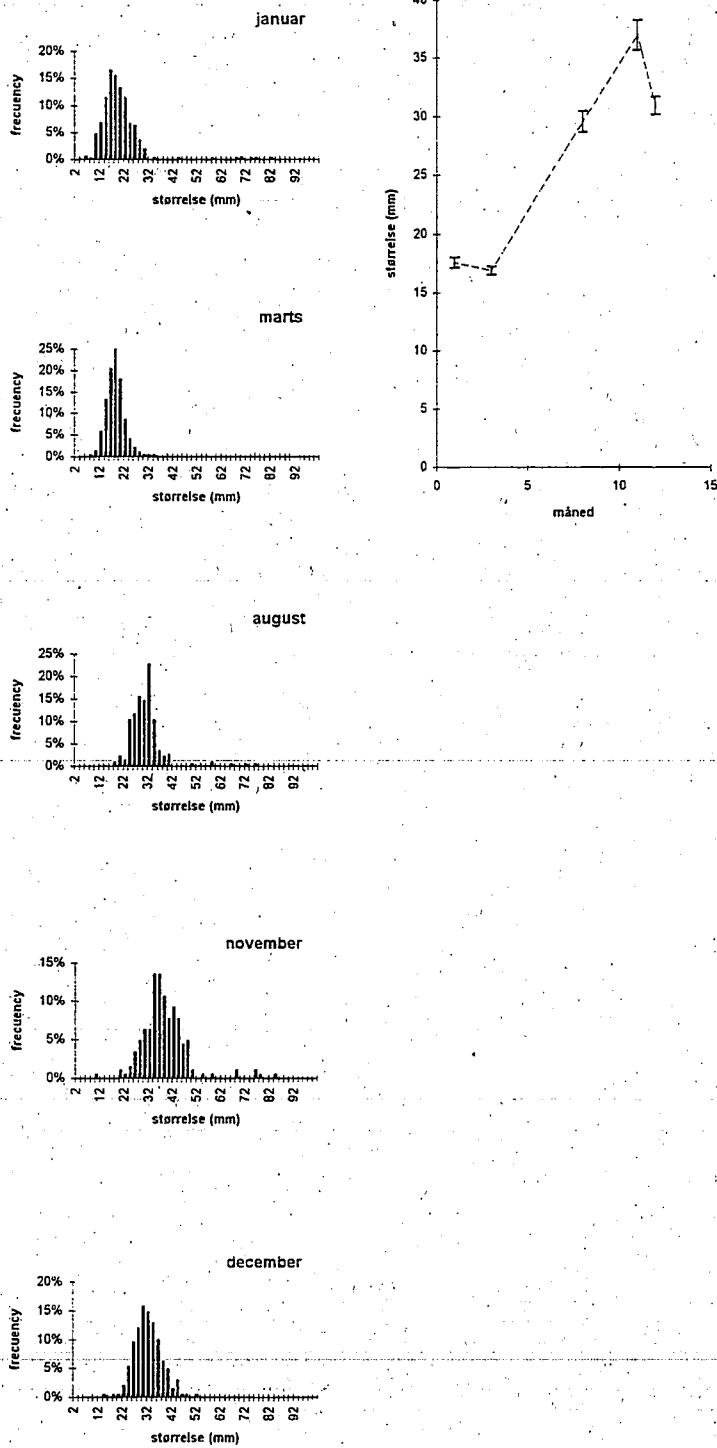


Figur 3. Oversigtskort over områderne i Limfjorden. De mørke områder angiver områder, der er lukkede for fiskeri, og derfor ikke indgår i denne undersøgelse.

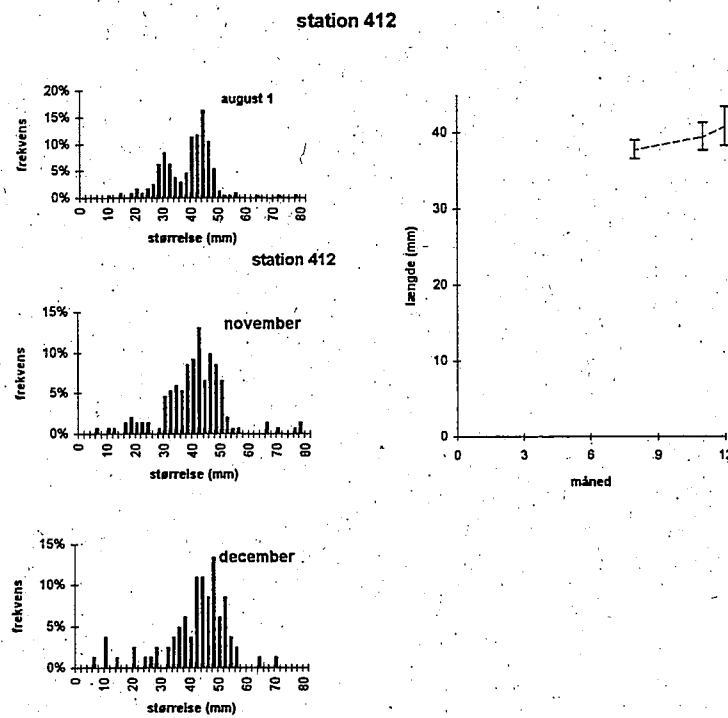


Figur 5. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 343 i Venø Bugt.

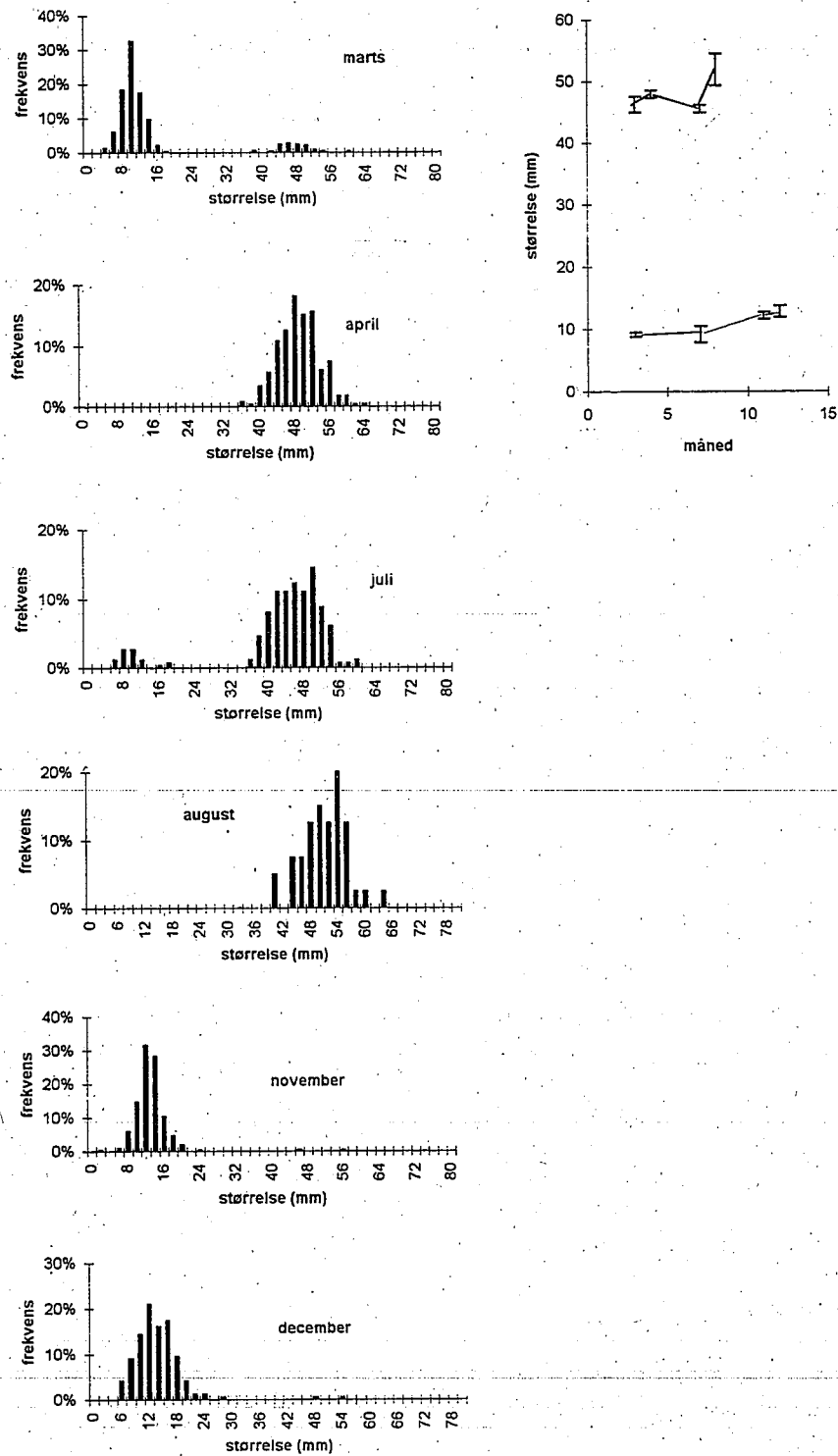
station 404



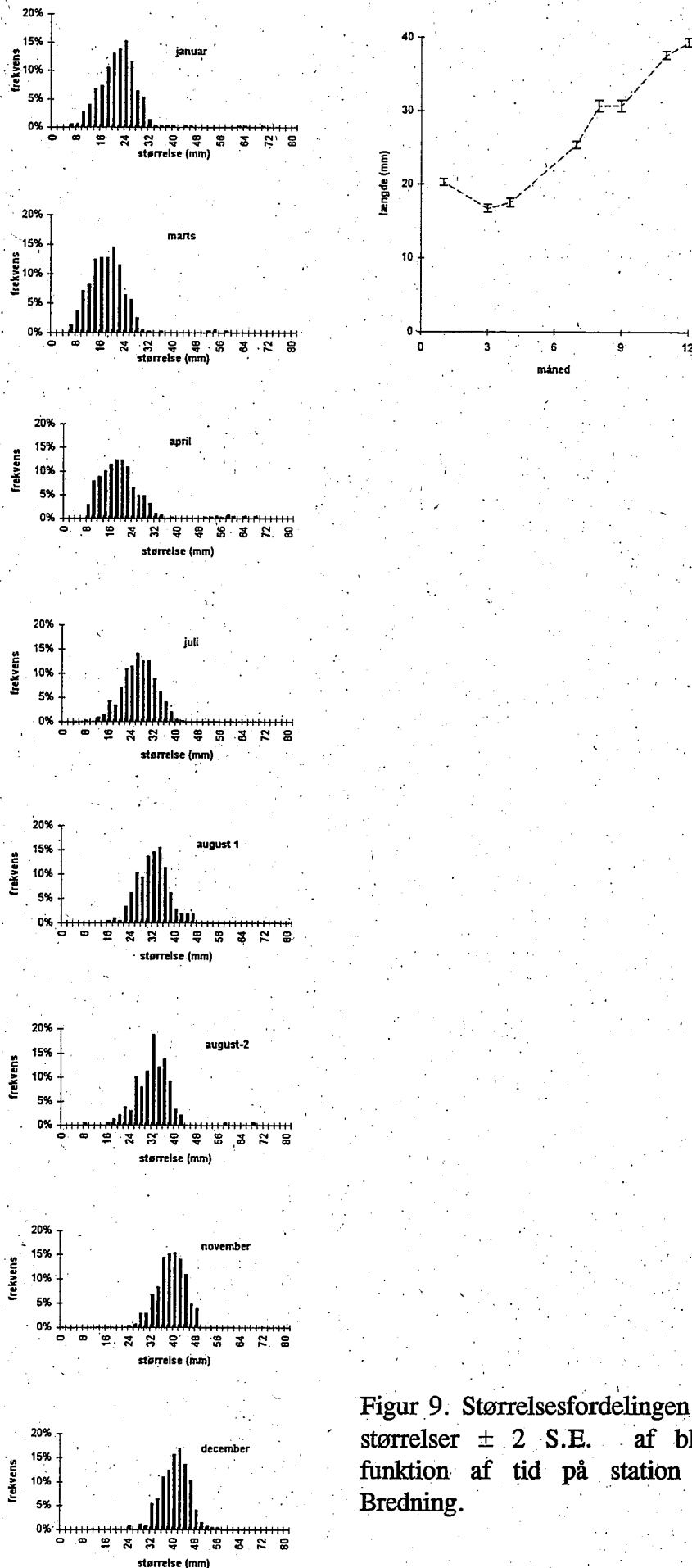
Figur 6. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 404 i Kaas Bredning.



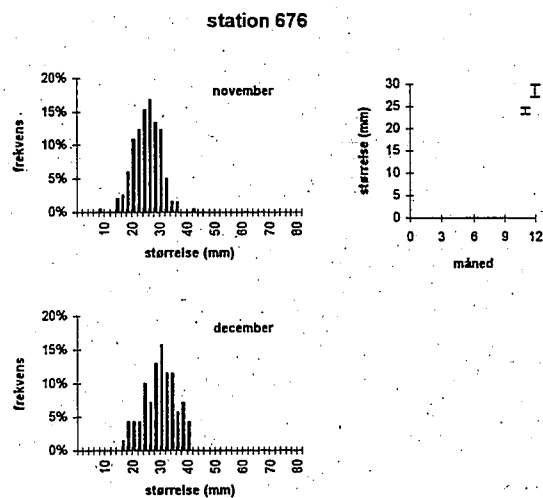
Figur 7. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 412 i Kaas Bredning.



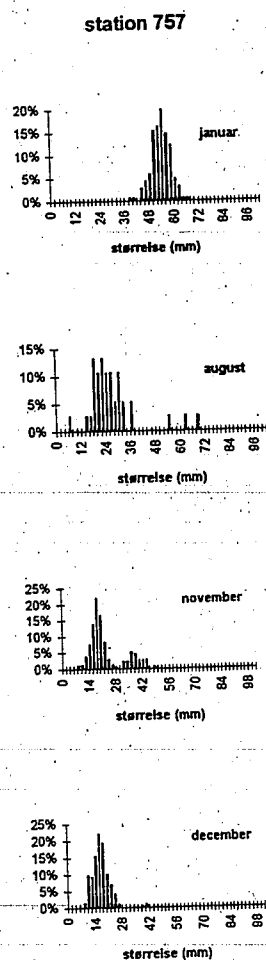
Figur 8. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 527 i Løgstør Bredning.



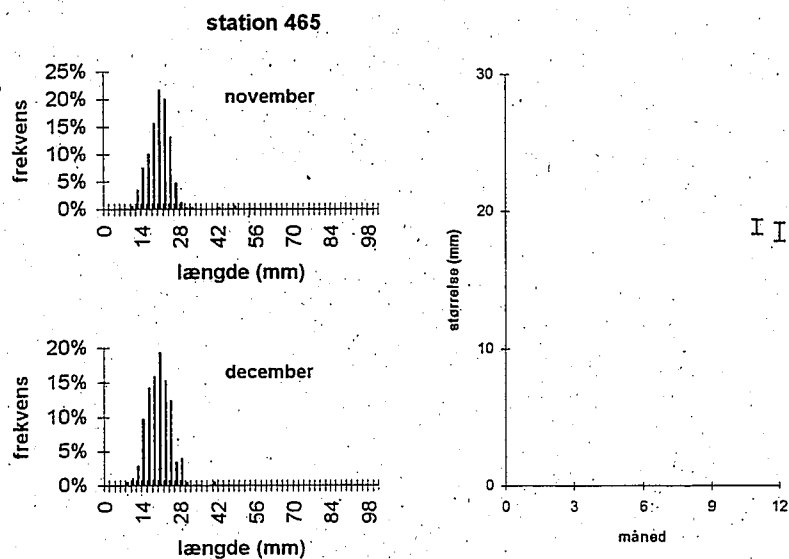
Figur 9. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 563 i Løgstør Bredning.



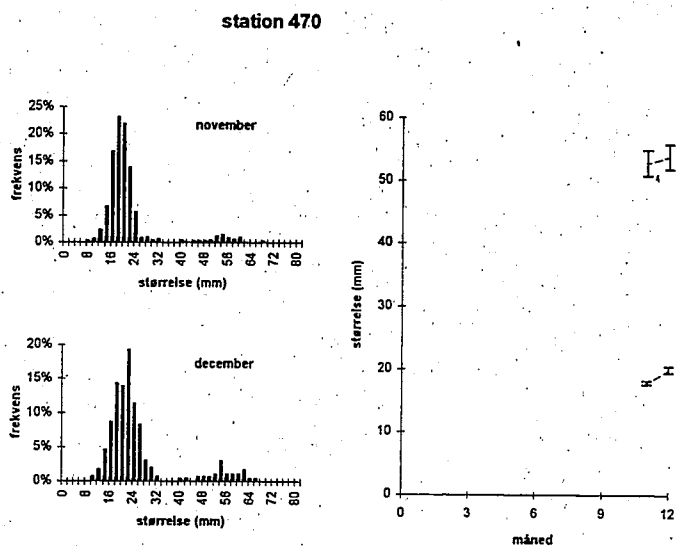
Figur 10. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 676 i Løgstør Bredning.



Figur 11. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 757 i Løgstør Bredning.

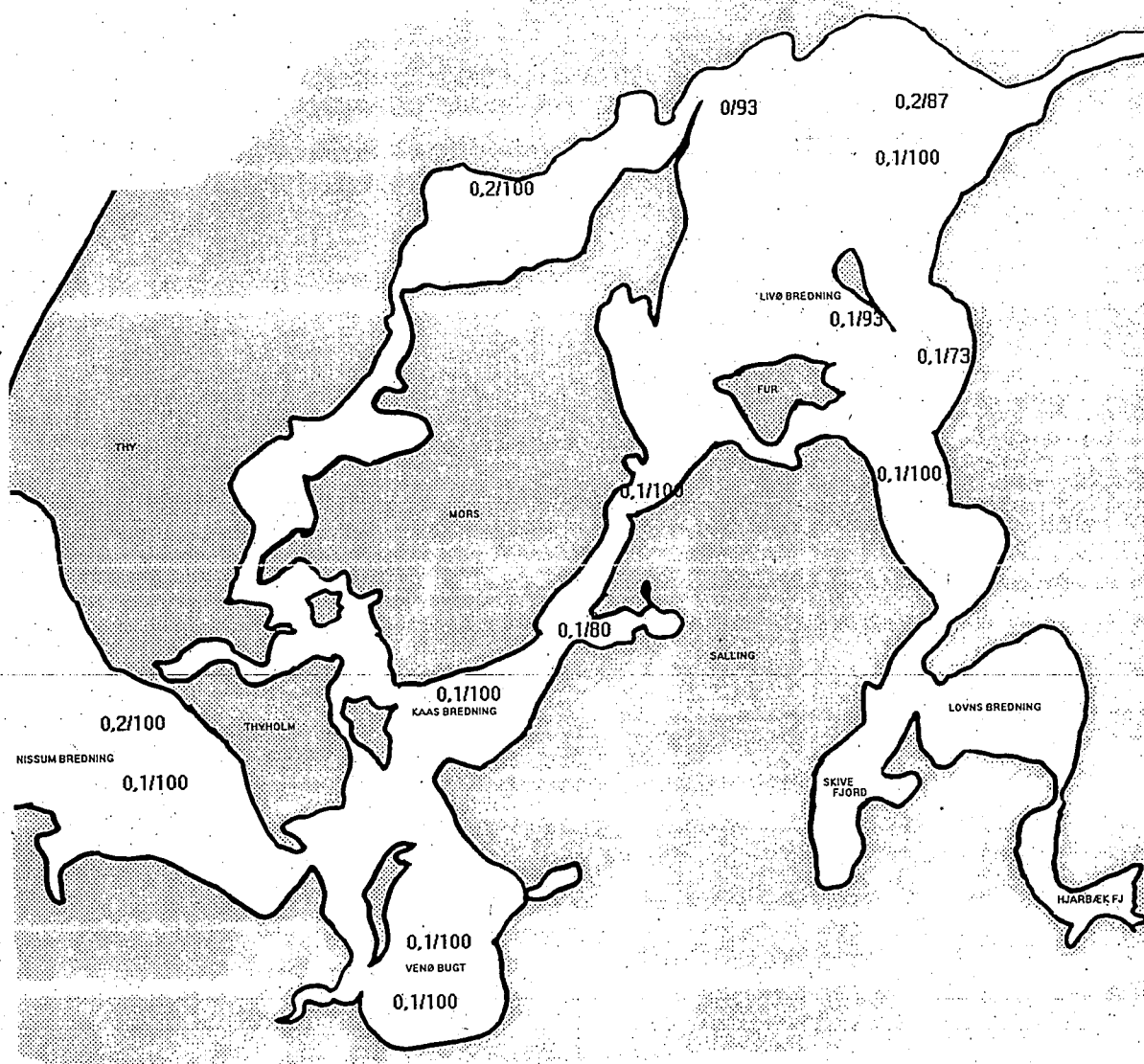


Figur 12. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 465 i Thisted Bredning.



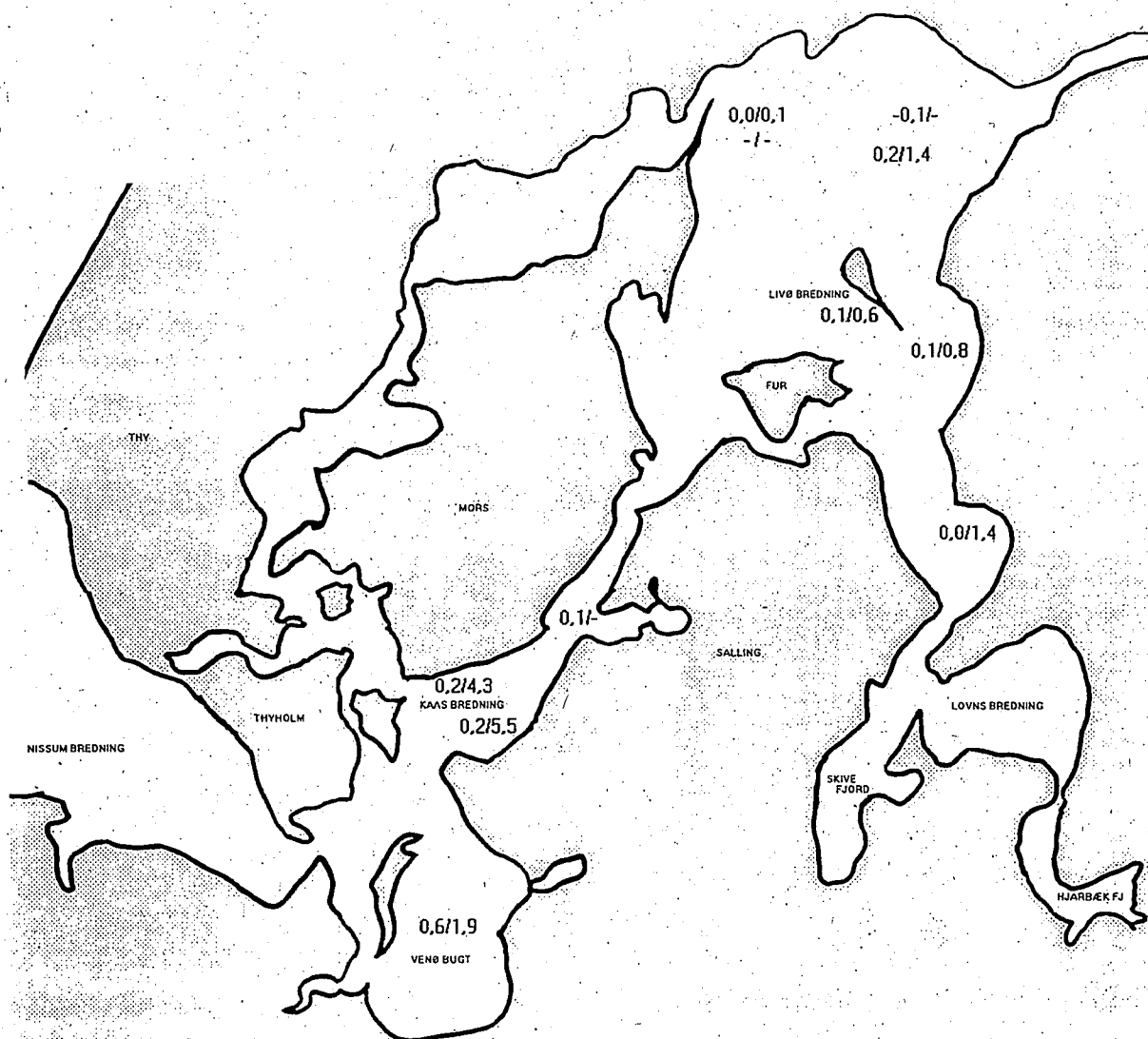
Figur 13. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af blåmuslinger som funktion af tid på station 470 i Thisted Bredning.

VÆKST OG OVERLEVELSE JANUAR-MARTS (mm/%)



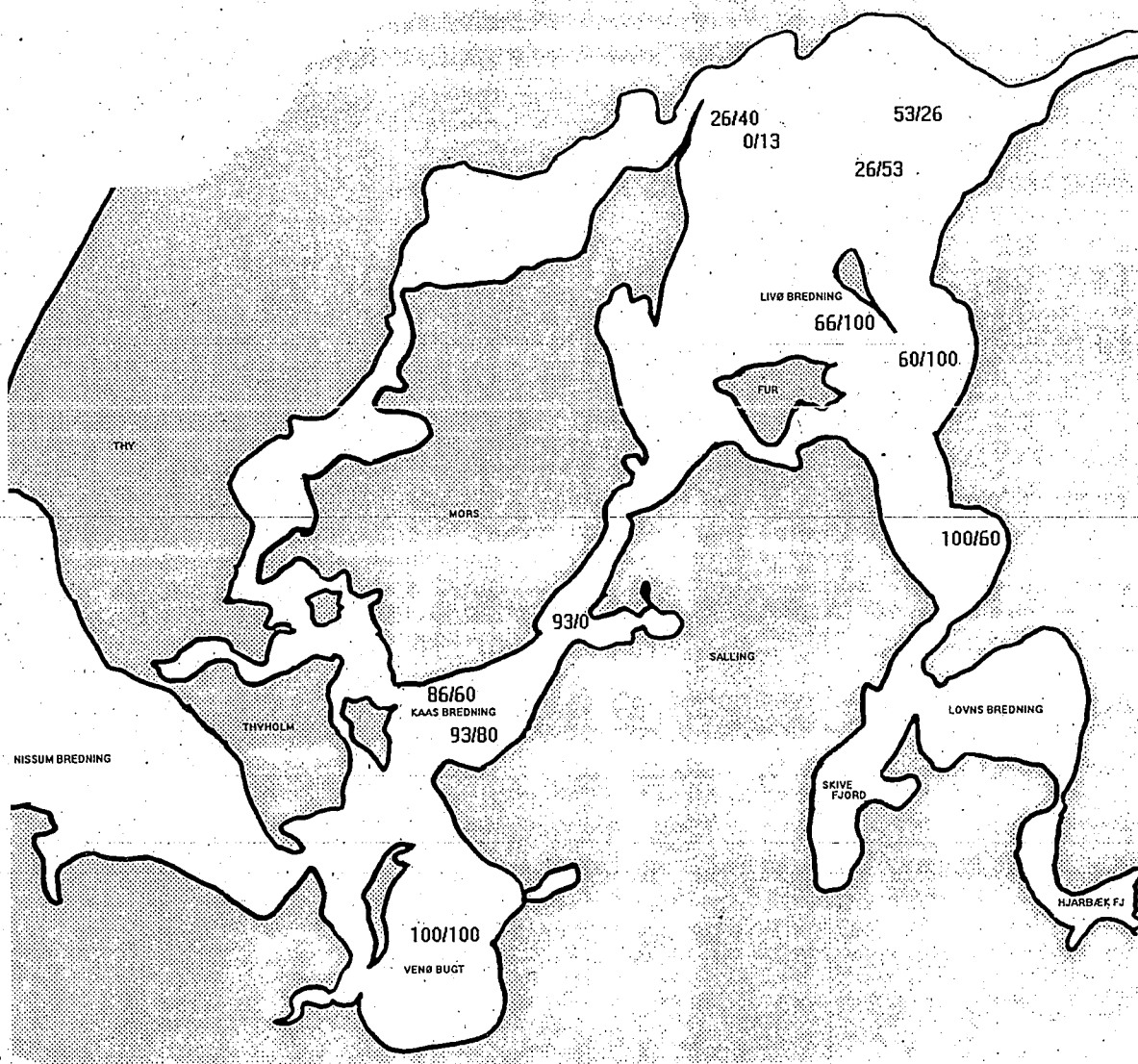
Figur 14. Tilvækst og overlevelse for blåmuslinger med en initiallængde på 57,0 mm udlagt i bure i 6 uger i januar-marts.

VÆKST JULI - AUGUST STORE/SMÅ (mm)



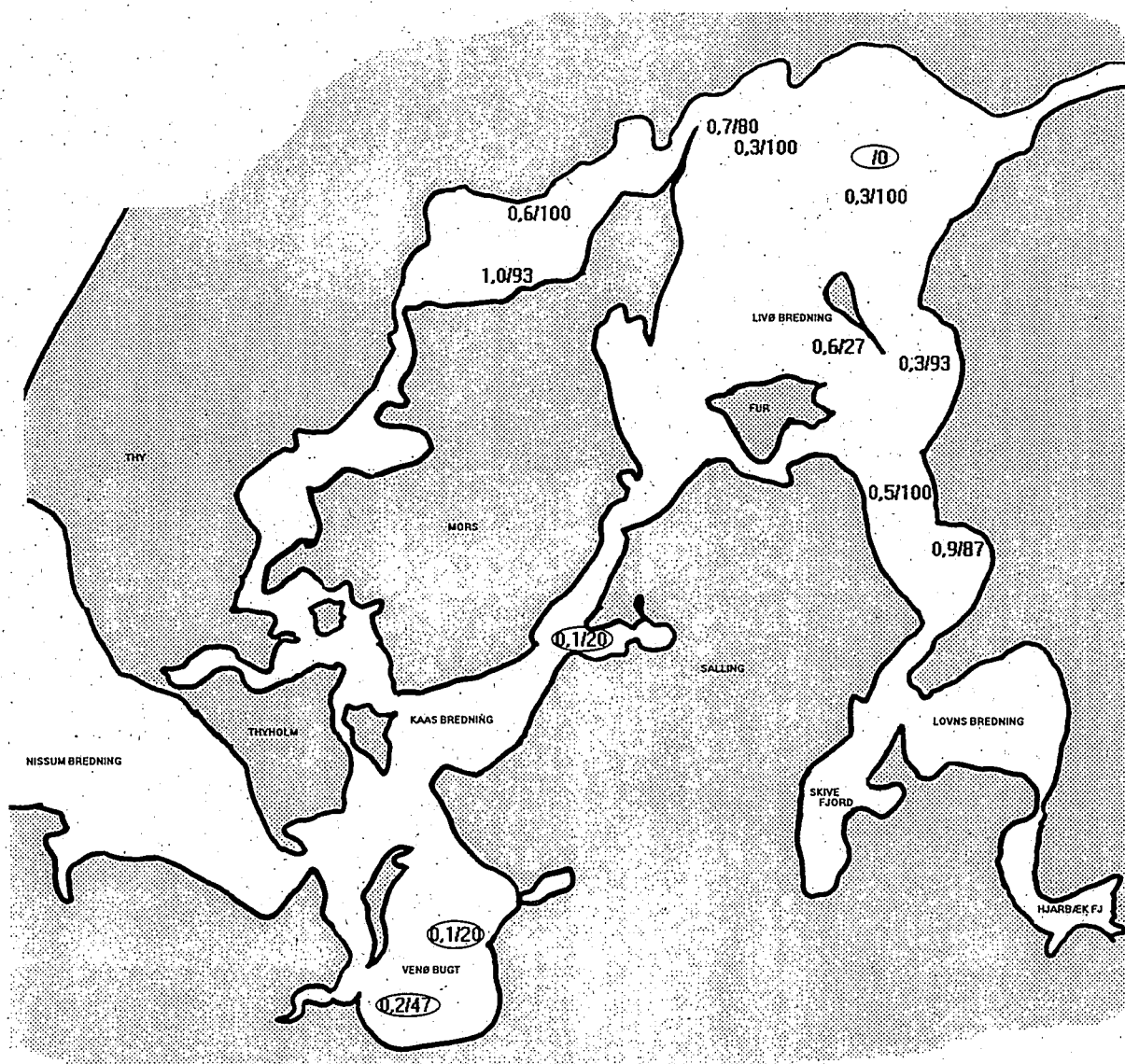
Figur 15. Tilvækst for store muslinger (initiallængde 56,4 mm) over strengen og små muslinger (initiallængde 36,6 mm) under strengen udlagt i bure 4 uger i juli-august .

OVERLEVELSE JULI-AUGUST STORE/SMÅ (%)

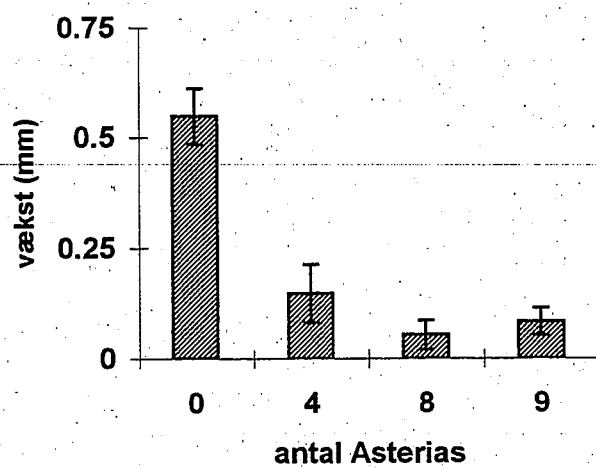


Figur 16. Overlevelse af store muslinger (initiallængde 56,4 mm) over stregen og små muslinger (initiallængde 36,6 mm) under stregen udlagt i bure 4 uger i juli-august

VÆKST OG OVERLEVELSE NOVEMBER-DECEMBER (mm/%)

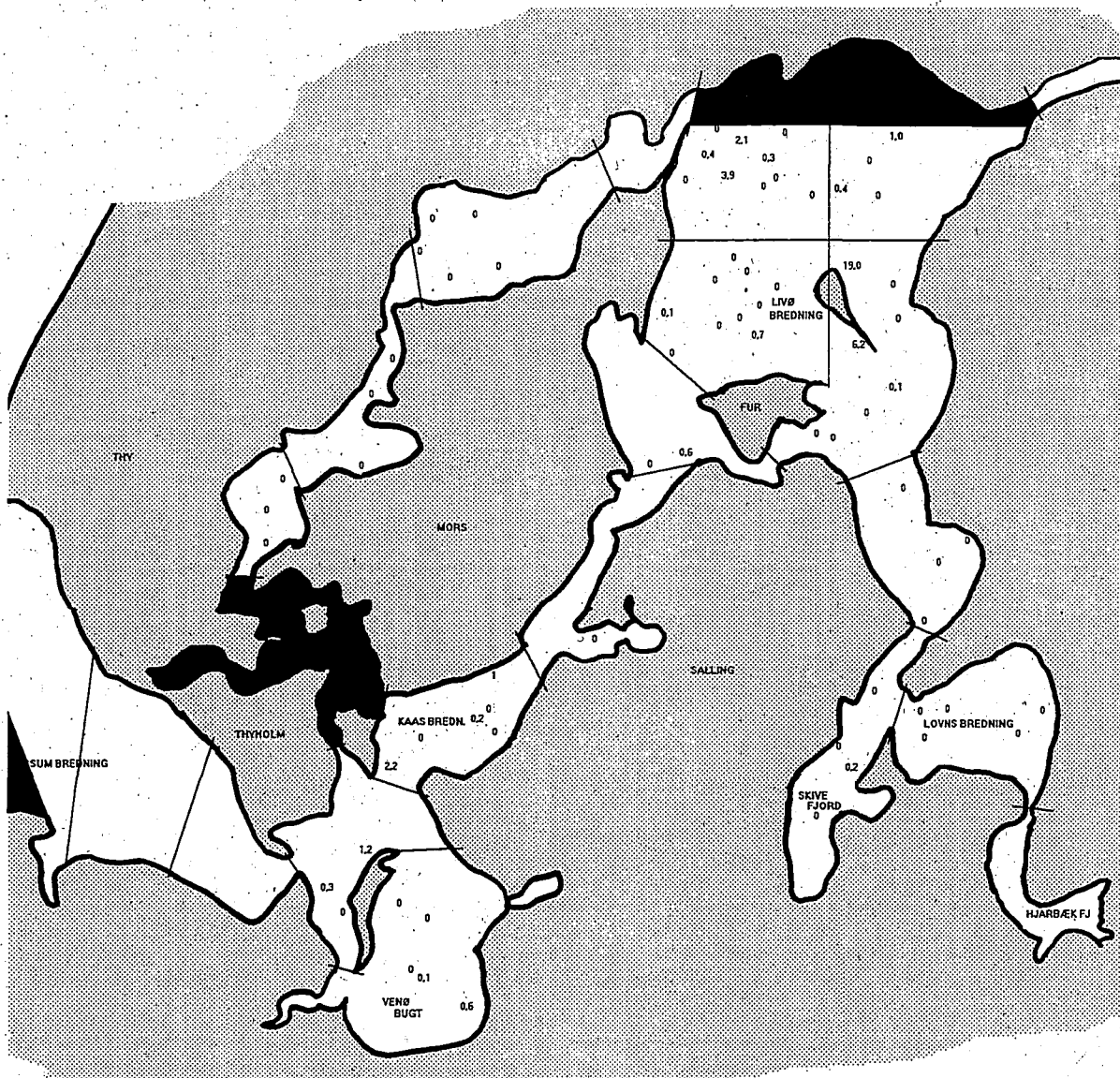


Figur 17. Tilvækst og overlevelse for blåmuslinger med en initiallængde på 43,8 mm udlagt i bure i 4 uger i november-december. På de stationerne, der er angivet med en oval, blev der på genopsamlings tidspunktet observeret søstjerner i burene.

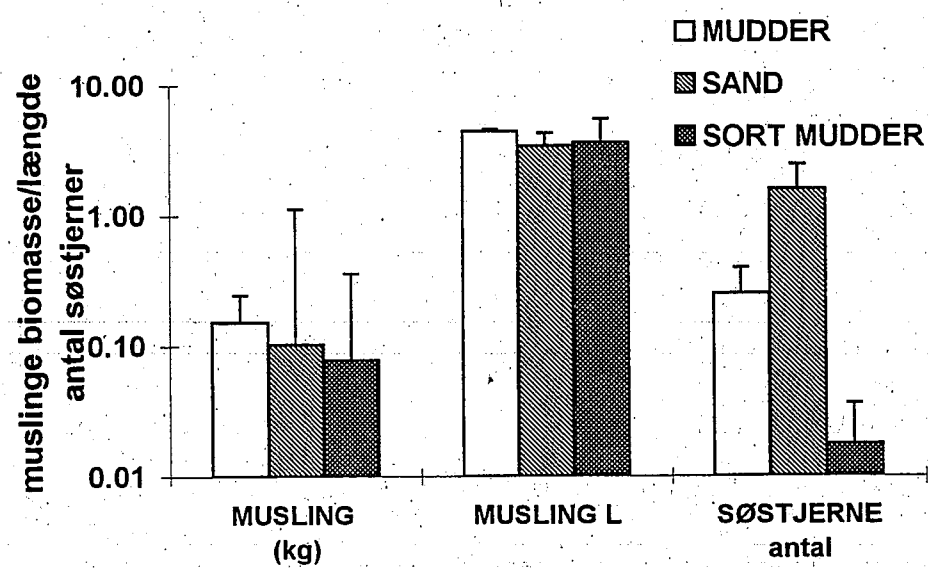


Figur 18. Tilvæksten ± 2 S.E af udsatte blåmuslinger med en initiallængde på 43,8 mm i perioden november-december som funktion af antallet af observerede søstjerner i burene på optagningstidspunktet.

UDBREDELSEN AF ASTERIAS RUBENS - APRIL 1995

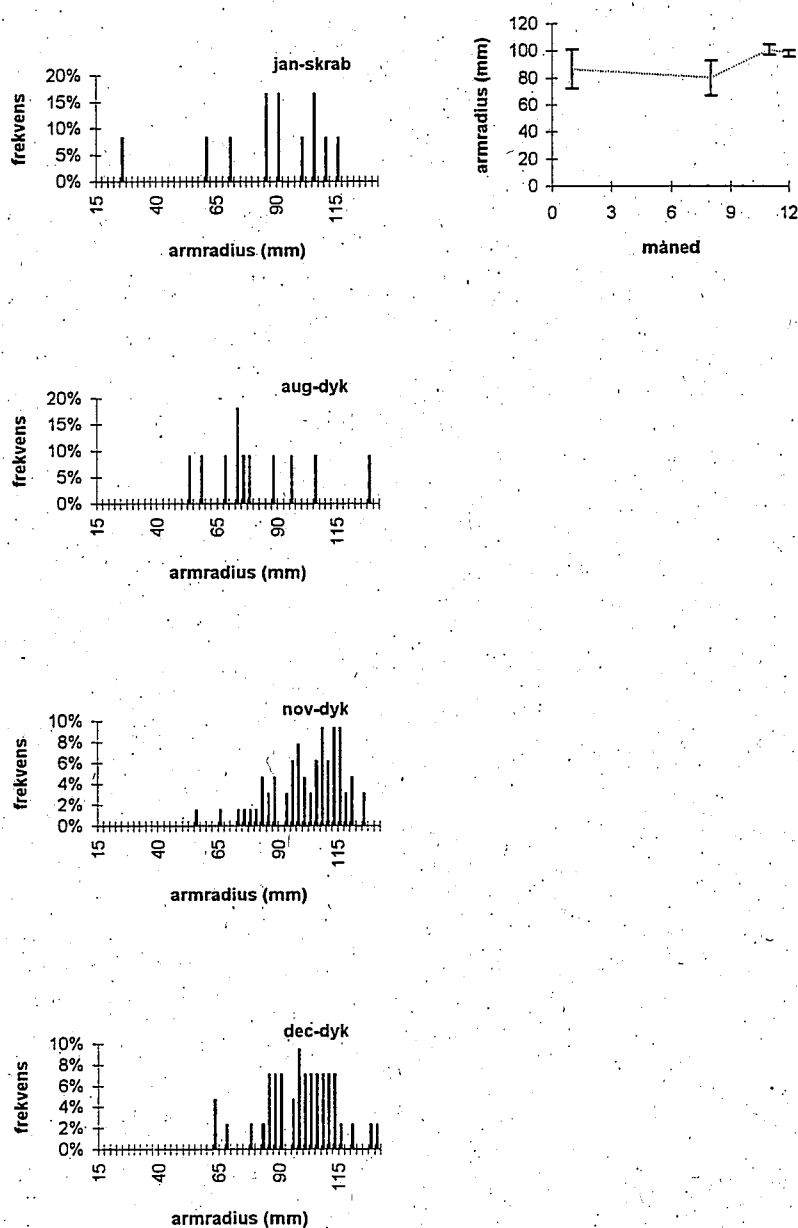


Figur 19. Udbredelsen af søstjerner (individer pr. m²) i april 1995.



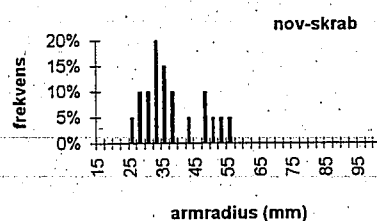
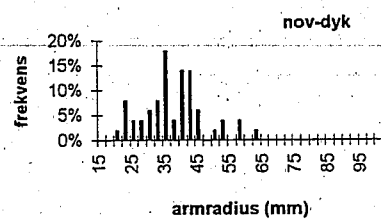
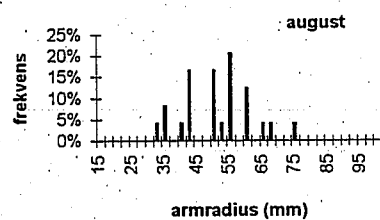
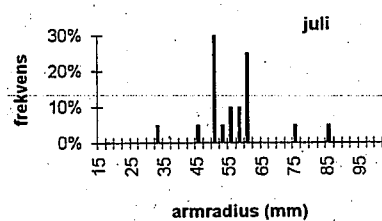
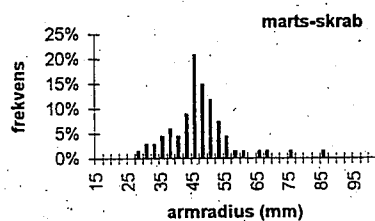
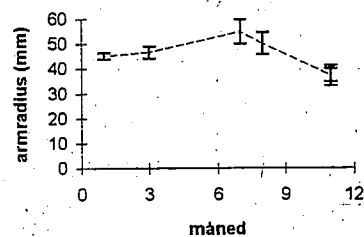
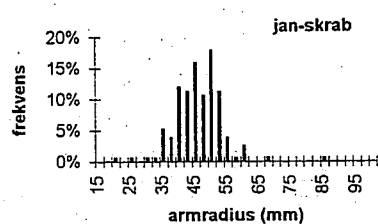
Figur 20. Biomasse (kg pr. m²) og længden (cm) af blåmuslinger og tætheden af søstjerner (antal pr. m²) angivet som middelværdier ± 2 S.E. undersøgt i april 1995 .

station 404



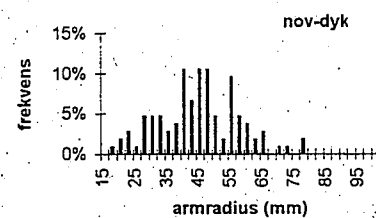
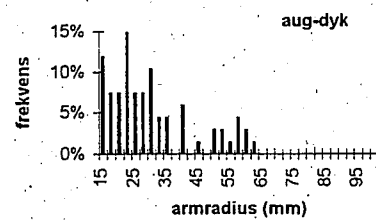
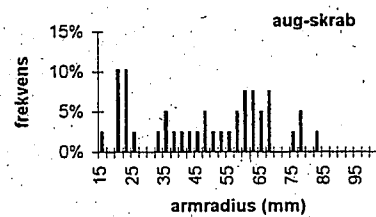
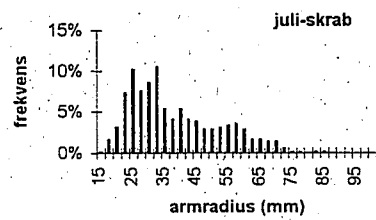
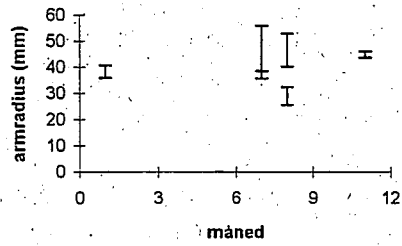
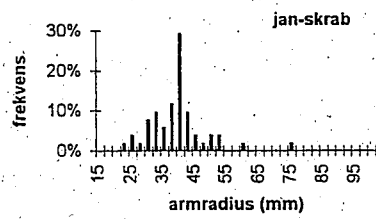
Figur 21. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af søstjerner som funktion af tid på station 404 i Kaas Bredning.

station 538

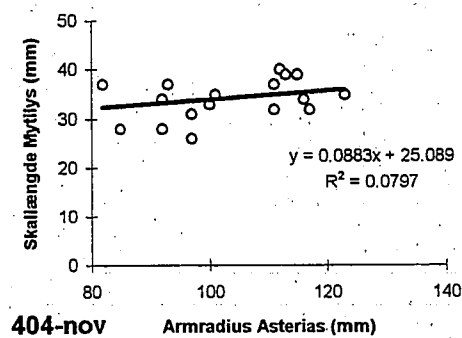
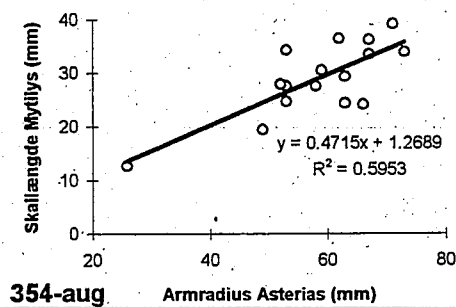
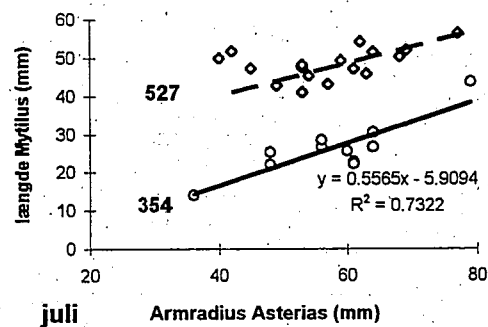


Figur 22. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af søstjerner som funktion af tid på station 538 i Løgstør Bredning.

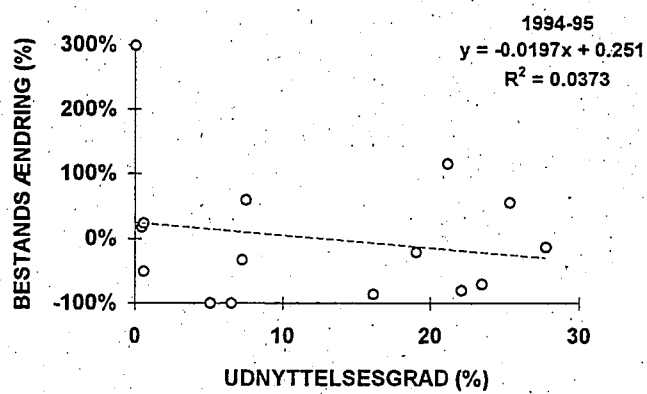
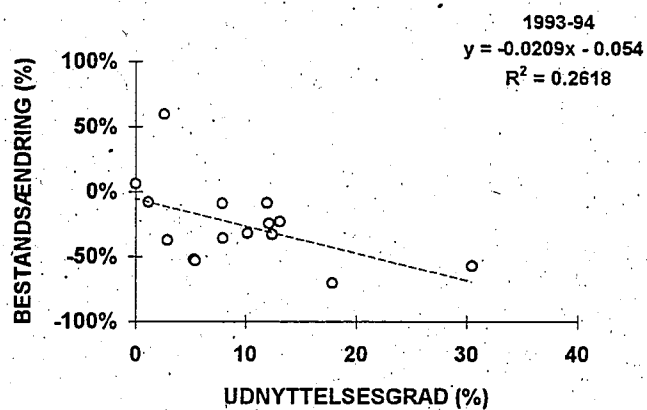
station 572



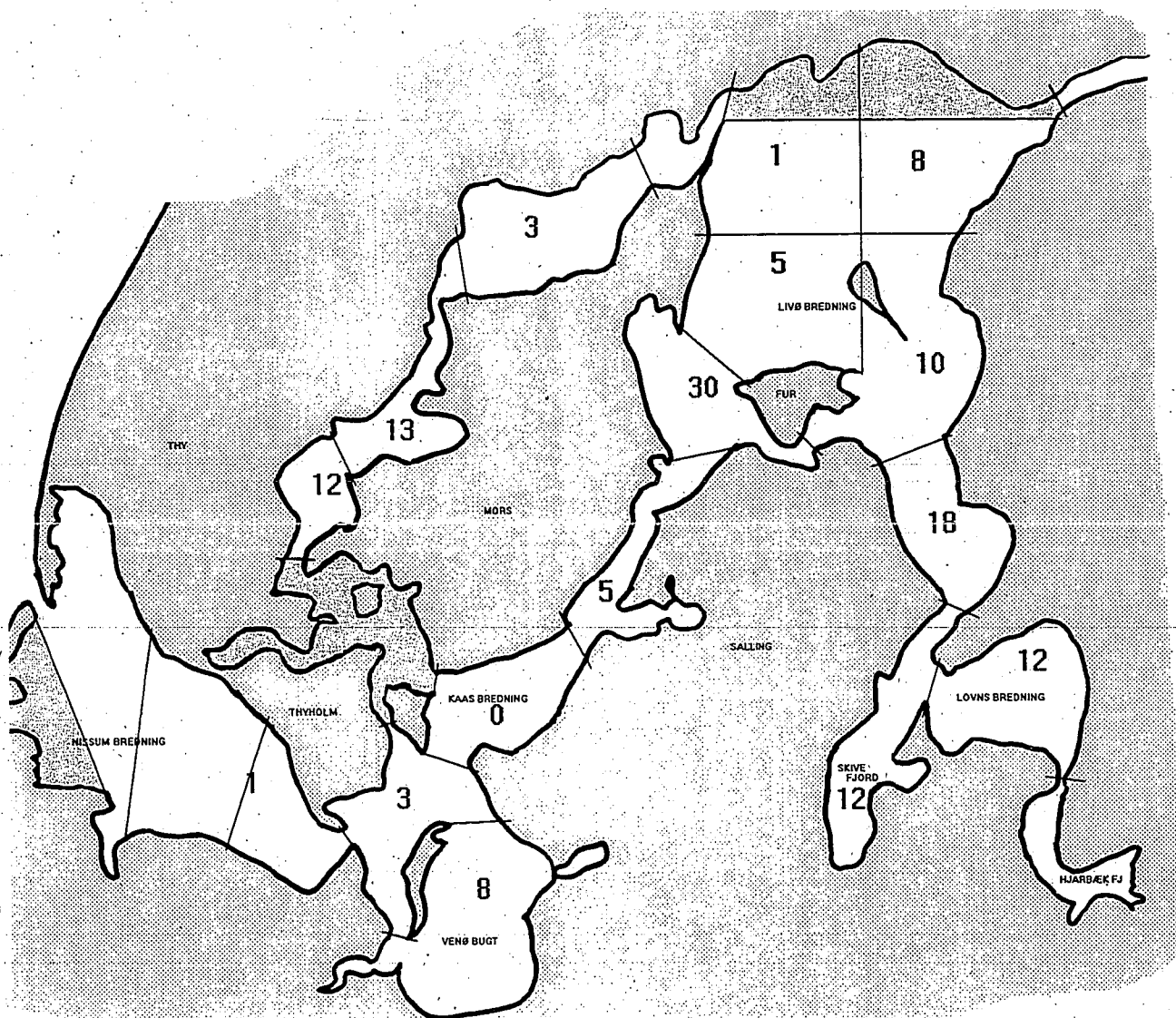
Figur 23. Størrelsesfordelingen og gennemsnitsstørrelser ± 2 S.E. af søstjerner som funktion af tid på station 572 i Salling Sund.



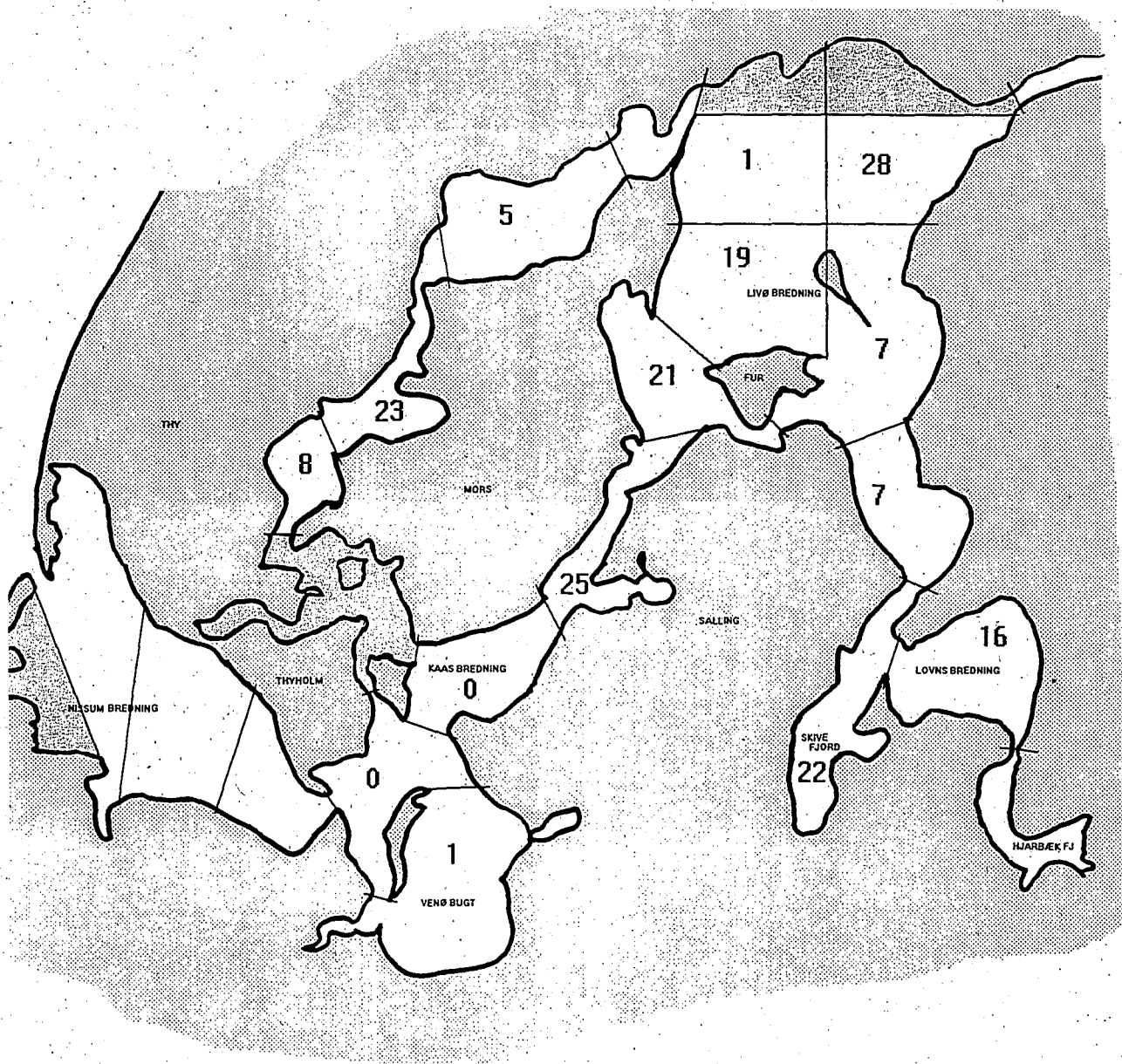
Figur 24. Skallængden af prederede blåmuslinger som funktion af armradius hos søstjerne på station 527 og 354 i juli (øverst), station 354 i august (midten), og på station 404 i november (nederst). Ved hver kurve er angivet regressionen.



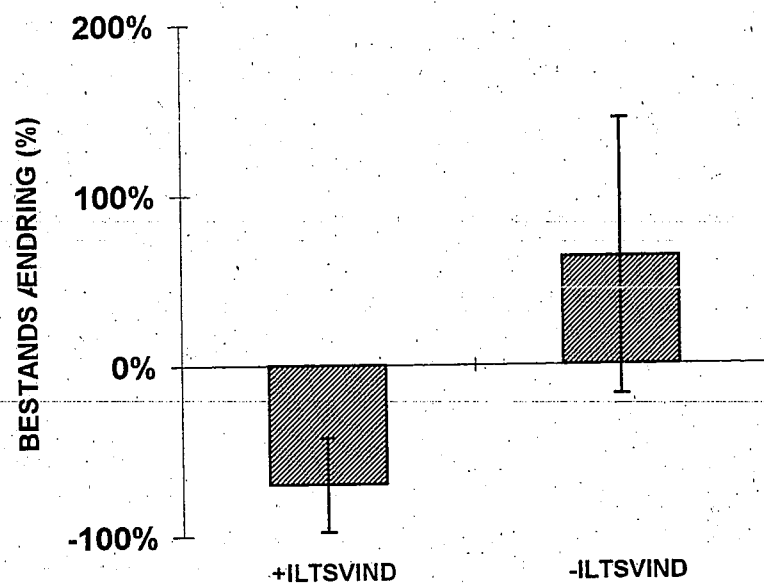
Figur 25. bestandsændringen (%) som funktion af udnyttelsesgraden i de enkelte områder af Limfjorden. Øverst er for april 1993-94 og nederst er for april 1994-95.



Figur 26. Den geografiske fordeling af udnyttelsesgraden i de enkelte fiskeri områder i perioden 1993-94.



Figur 27. Den geografiske fordeling af udnyttelsesgraden i de enkelte fiskeri områder i perioden 1994-95.



Figur 28. Ændringen i bestandsstørrelserne i perioden april 1994-95 i områder med iltsvind og i de områder, der ikke er påvirket af iltsvind.